

Aus der Kinderklinik und -Poliklinik der
Freien Universität Berlin
(Kaiserin Auguste Victoria Haus)

Direktor: Professor Dr. med. A. Loeschke

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
LEUKOZYTENBEWEGUNGEN
BEI ANGEHÖRIGEN VERSCHIEDENER VÖLKER

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Vorgelegt von
Hans-Dieter Frank
aus Marburg/Lahn

1968

Aus der Kinderklinik und -Poliklinik der
Freien Universität Berlin
(Kaiserin Auguste Victoria Haus)

Direktor: Professor Dr. med. A. Loeschke

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
LEUKOZYTENBEWEGUNGEN
BEI ANGEHÖRIGEN VERSCHIEDENER VÖLKER

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Vorgelegt von
Hans-Dieter Frank
aus Marburg/Lahn

Dekan: Professor Dr. med. Hans Wolfgang S p i e r

Referent: Professor Dr. med. Leonore B a l l o w i t z

Korreferent: Professor Dr. med. Dr.sc.h.c. Dr.med.vet.h.c.
Dr.med.h.c. Hans Freiherr v. K r e ß



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 4. JULI 1968

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Eigene Methode zur Bestimmung der Motilität von Leukozyten	6
Versuchspersonen	12
Ergebnisse	14
Signifikanzberechnung	20
Diskussion	29
Zusammenfassung	37
 Literaturverzeichnis	 39
Danksagung	41
Lebenslauf	42



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533915_0056

EINLEITUNG

Das Phänomen der amöboiden Beweglichkeit von Leukozyten ist etwa seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt (DA-VAINE, 1811-1882) und erweckte seither immer neues Interesse bei mikroskopisch-experimentellen Studien. Schließlich ist Bewegung das augenfälligste Kennzeichen des Lebens, und Unregelmäßigkeiten im Bewegungsablauf weisen indirekt auf Störungen der Vitalität hin. So nimmt es nicht wunder, daß im Zuge der Entwicklung neuer Untersuchungsmethoden mehr und mehr Kenntnisse über das strukturell-morphologische und biochemische Verhalten dieses Zelltypes gewonnen wurden.

METSCHNIKOFF hat erstmals die Bedeutung der Leukozyten im Rahmen einer lokalen Entzündung erkannt und in Chemotaxis und Phagozytose zwei fundamentale Eigenschaften der weißen Blutkörperchen beschrieben. Im Interesse des Gesamtorganismus muß die Phagozytose von Krankheitserregern, Fremdkörpern oder Zelltrümmern als höchste Leistung der Leukozyten angesprochen werden. - FLIEDNER und CRONKITE ist es gelungen, mit Tritium-Thymidin markierte und intravenös verabfolgte Granulozyten in der Spülflüssigkeit der Mundhöhle wiederzufinden. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß die innere Körperoberfläche zu den wesentlichsten Emigrationsstätten der Leukozyten auch unter physiologischen Bedingungen gehört. Neben den Aufgaben der Stoffaufnahme und -verdauung im weitesten Sinne schreibt REMY den Leukozyten humorale Funktionen zu, wonach sie aktiv humoral-wirksame Substanzen an Blut und Gewebe abgeben. Daß die zahlreichen aus Leukozyten isolierten Fermente nicht allein dem eigenen Zellstoffwechsel dienen, sondern auch außerhalb der Zelle gelegenen Aufgaben, kann man an ihrer Vielfalt und ihrer hohen Aktivität ermessen; z. B. übertrifft die Aktivität der alkalischen Phosphatase die Serumaktivität um etwa das Tausendfache.

In jedem Falle setzt die Bewältigung solch spezifischer Funktionen eine intakte Beweglichkeit der Leukozyten voraus, um an den jeweiligen Wirkort zu gelangen. Da diese eine biologische Zelleistung darstellt, läßt sich in Reagenzglasversuchen eine Abhängigkeit von Struktur und Reifegrad der Zellen nachweisen. Nach BUTTER und THOMAS nimmt die Wanderungsgeschwindigkeit proportional dem Reifegrad zu. In Übereinstimmung mit v. PHILIPS-BORN erreichen die segmentkernigen neutrophilen Granulozyten mit 20-40 μ /min das Maximum der Wanderungsgeschwindigkeit und behalten dieses während der ersten 2 - 6 Stunden nach der Blutentnahme bei. Neben den segmentkernigen neutrophilen Granulozyten besitzen auch Stabkernige, Eosinophile und Monozyten die Fähigkeit zu aktiver Beweglichkeit, wenn auch in zunehmend geringerem Maße. Die Motilität der Lymphozyten darf als gesichert gelten; Zahlenangaben über die Größenordnung der Geschwindigkeit ließen sich jedoch nicht finden. - Wird in der vorliegenden Arbeit verallgemeinernd von "Leukozyten" bzw. "Leukozytenwanderung" gesprochen, so sind damit in erster Linie die segmentkernigen neutrophilen Granulozyten gemeint.

Von maßgeblichem Einfluß auf die Zellwanderung ist das umgebende Milieu von Plasma und Gewebe, zunächst in Gestalt seines kolloidalen Zustandes; in physiologischer Kochsalzlösung sind die Leukozyten unbeweglich und haften nicht auf der Unterlage. DUCHON betont die Wichtigkeit einer optimalen Temperatur; ALBRECHT beobachtet eine positive Chemotaxis bei sinkender H-Ionenkonzentration. Für die Beweglichkeit müssen nach Untersuchungen von ALLGÖWER und SÜLLMANN freie Calciumionen, Plasmaeiweißkörper und vermutlich aktives Komplement vorhanden sein. Gammaglobuline fördern die Motilität.

Über diese für die Beweglichkeit des einzelnen Leukozytenindividuums notwendigen Milieufaktoren hinaus haben SEITZ und FÜHRUS einen neuro-humoralen Regulationsmecha-

nismus für die aktuelle Leukozytenzahl und die Bewegungsintensität wahrscheinlich gemacht: Sie konnten experimentell nachweisen, daß Adrenalinzusatz im Deckglaspräparat eine Beschleunigung der Leukozyten zur Folge hat, Acetylcholin dagegen fast durchweg eine Verlangsamung. Dies entspricht der sympathikotonen und vagotonen Einstellung des vegetativen Systems. Diese ist starken individuellen und tageszeitlichen Schwankungen unterworfen. So ist es nicht allzu überraschend, daß die Beweglichkeit der Leukozyten Veränderungen körperlicher Funktionen parallel läuft und somit einen feinen Indikator für Vorgänge, die das biologische Geschehen im Organismus beeinflussen, abgibt.

Da sich Geschwindigkeitsmessungen in vitro leicht durchführen lassen, haben sich zahlreiche Untersucher diese Tatsache zunutze gemacht, um anhand der Hemmung oder Förderung der Wanderungsgeschwindigkeit Aussagen zu machen über die Leistungsfähigkeit der Leukozyten und somit über zelluläre Abwehrkräfte des Körpers. - Zur Erläuterung seien einige Arbeiten von Untersuchern angeführt, die eine ähnliche oder die gleiche Methode zur Geschwindigkeitsmessung verwendet haben, wie sie im folgenden Teil ausführlich beschrieben wird:

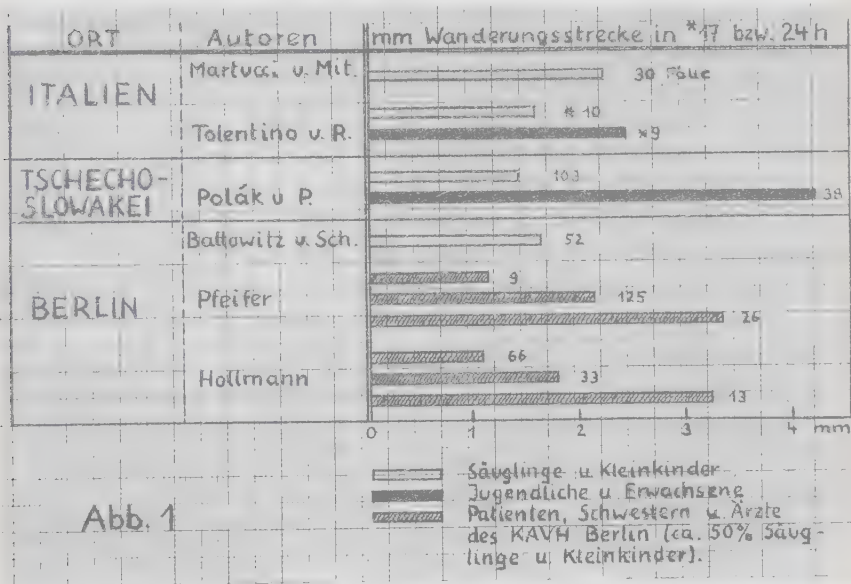
Die Italiener TOLENTINO und ROSSI messen den Leukozyten eine große Bedeutung bei im Rahmen der natürlichen unspezifischen Resistenz bei Neugeborenen und Säuglingen und begründen dies mit dem Nachweis einer deutlich herabgesetzten Wanderungsaktivität gegenüber gesunden Individuen am Beispiel von Virusinfektionen. - Zu dem gleichen Ergebnis kommen ihre Landsleute MARTUCCI und Mitarbeiter bei Säuglingen, die an latenter Dystrophie gelitten haben. Sie geben damit zu verstehen, daß für die schlechte Abwehrlage nicht ausschließlich humorale Faktoren verantwortlich sind. Die gleichen Untersucher beobachten an den Leukozyten natürlich ernährter Säuglinge eine lebhaftere Motilität als an den weißen Blutzellen künstlich ernährter.

Mitteilungen von POLAK und POLAKOWA aus der Tschechoslowakei zufolge gibt es einen die Leukozyten anregenden Plasmastoff, das Leukokinin, das durch wechselnde Konzentration die physiologischen Schwankungen der Wanderungsgeschwindigkeit im Neugeborenen-, Säuglings- und Kleinkindesalter bedingt. Dagegen erweisen sich die Werte bei gesunden Erwachsenen als weitgehend konstant.

Untersuchungen von BALLOWITZ und SCHÄFER in Berlin lassen keine altersabhängige Leukozytenaktivität bei Säuglingen und Kleinkindern bis zu 3 Jahren erkennen. Es gelingt vielmehr eine Typisierung in schnell und langsam wandernde Leukozyten in allen Altersstufen. Die weißen Blutkörperchen übergewichtiger Erwachsener bewegten sich deutlich rascher als die der untergewichtigen. - Mit der Methode der Leukozytenwanderung ermitteln BALLOWITZ und HOLLMANN beim Einwirken von Anti-D-Seren auf Leukozyten von D(Rh+)-Menschen eine verminderte Wanderungsaktivität um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ gegenüber Kontrollen. Auch in dieser Untersuchungsreihe ergibt sich primär eine Einteilung in langsam, mittelschnell und schnell wandernde Zellen. - BALLOWITZ und SCHÄFER finden bei der Prüfung von Leukozyten unter dem Einfluß von grampositiven und -negativen Bakterien eine besondere Hemmung der Wanderungsgeschwindigkeit durch einzelne Stämme von E.coli. - Dieser Beobachtung folgt eine breitangelegte Untersuchungsserie von PFEIFER über die Wirkung der Dyspepsiecoli und anderer gramnegativer Stäbchen bzw. ihrer Endotoxine auf die Leukozytenwanderung in vitro. Bei der Beurteilung der Beeinträchtigung durch verschiedenartig modifizierte Keime und Endotoxine werden auch hier Leukozytengruppen aus schnell und langsam wandernden Zellen gebildet.

Läßt man einmal Ziel und Aussage der genannten Arbeiten unberücksichtigt und betrachtet stattdessen die von den einzelnen Autoren mittels vergleichbarer Methoden bestimmten absoluten Meßwerte, so gelangt man zu einer interessanten Feststellung, wie folgende grobschematische

Abbildung zeigt: Alle Untersucher stimmen mit MATOTH darin überein, daß die amöboide Beweglichkeit der Leukozyten bei Neugeborenen und Säuglingen geringer ist, verglichen mit derjenigen von gesunden Erwachsenen. Die gefundenen Mittelwerte schwanken bei den jungen Säuglingen nur wenig. Dagegen differieren die Geschwindigkeitsangaben bei Erwachsenen - wie Abbildung 1 deutlich zeigt - an den verschiedenen Orten ganz erheblich.



Hieraus ergab sich die Fragestellung der vorliegenden Arbeit. Es sollte geklärt werden, ob die voneinander abweichenden Werte in den Bereich der normalen biologischen Streubreite fallen oder ob echte Unterschiede bestünden. Deshalb wurden vergleichende Untersuchungen über die Bewegungsaktivität der Leukozyten bei gesunden Erwachsenen aus verschiedenen Völkern unter für alle gleichen klimatischen Gegebenheiten in Berlin vorgenommen.

EIGENE METHODE ZUR BESTIMMUNG DER MOTILITÄT VON LEUKOZYTEN

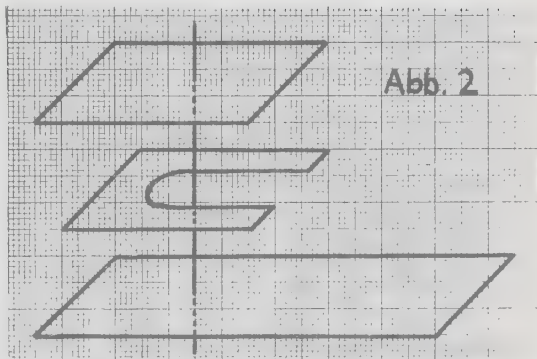
Die Lebensäußerungen von Zellen können in vitro mikroskopisch so lange beobachtet werden, als ihre Lebensfähigkeit nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Obwohl eine entscheidende primäre Läsion bei der gewählten Versuchsanordnung nicht eintritt - die Leukozyten befinden sich stets nur in homologem Serummilieu - , häufen sich dennoch mit der Zeit Stoffwechselendprodukte an. Gleichzeitig nehmen wichtige Serumbestandteile ab, so daß die Zelltätigkeit in vitro nach einiger Zeit erlischt (BOND). Morphologisch-dynamische Bewegungsstudien werden durch Verwendung des Phasenkontrastmikroskopes ermöglicht, mit dessen Hilfe es gelingt, Strukturen und Organellen der lebenden Zelle aufgrund ihrer verschiedenen optischen Dichte zur Darstellung zu bringen.

Die Bestimmung der Wanderungsgeschwindigkeit von Leukozyten läßt sich praktisch leicht durchführen nach einer Methode, die in ihren Grundzügen von KETCHEL und FAVOUR, MARTIN, PIERCE, MIDDLEBROOK und DUBOS sowie BALLOWITZ und SCHÄFER beschrieben wurde. Es handelt sich um Objektträgerkammern, wobei die Ablesung der Leukozytenfront in vorteilhafter Weise linear erfolgt. - Gegenüber der Beurteilung einzelner Zellen z. B. im Objektträger-Deckglas-Präparat zeichnet sich die Kammermethode dadurch aus, daß aus einem Kollektiv von weißen Blutzellen nach dem Prinzip der natürlichen Auslese die Zellen mit der höchsten Bewegungsintensität ausgemessen werden. Es darf hier an die eingangs erwähnte Beziehung zwischen Alter bzw. Reifegrad der weißen Blutkörperchen und Motilität erinnert werden.

Eine gewisse Weiterentwicklung in der Fertigungstechnik der Objektträgerkammern erschien als allgemeine Voraussetzung für vergleichende Untersuchungen angebracht.

Jede Kammer besteht aus 3 Teilen:

1. Deckgläschen
2. U-förmig ausgestanzte Parafilmfolie^{x)}
3. Objektträger



^{x)} Deutsche Lieferfirma BRAUN, Melsungen

Diese wurden nach Art der Abb. 2 zur Deckung gebracht und durch kurzes Aufsetzen einer erhitzten Pinzette gewissermaßen "punktgeschweißt". Dabei erwärmte sich die zwischen den beiden Gläsern befindliche Parafilmfolie lokal, und die Einzelteile der Kammer verharrten am Ort. Je zwei mit der Deckgläschen- und Objektträgerseite zueinandergekehrte Systeme wurden durch eine handelsübliche Metallklammer unter einem bestimmten Druck gesetzt. So entstanden nach 10 Minuten langem Erhitzen im Wärmeschrank bei 100° C Objektträgerkammern, die bezüglich des Volumens des kapillären Spaltraumes untereinander in guter Annäherung identisch waren. Techniker der Firma BOSCH, Homburg/Saar, ermittelten bei 10 beliebig ausgewählten Objektträgerkammern eine lichte Höhe des Spaltraumes von $93,5 \mu$ ($\pm 4,3 \mu$). ^{xx)} Damit wurde eine nicht unwesentliche, methodisch bedingte Fehlerquelle ausgeschlossen. WULFF und HOLLMANN haben nämlich bei ihren Untersuchungen beobachtet, daß eine durch verschiedene Höhe der handgefertigten Kammern bedingte unterschiedliche Zellzahl je Raumeinheit die Wanderungsaktivität von Leukozyten der gleichen Versuchsperson beeinflusst.

^{xx)} Für diese Ermittlungen möchte ich auch hier meinen Dank aussprechen.

Um den Gerinnungsvorgang für den erforderlichen Zeitraum von mindestens 5 Minuten zu verzögern, wurde Blut aus der Cubitalvene mit einer Spritze entnommen, deren innere Oberfläche zuvor mit einer gerinnungshemmenden Substanz benetzt worden war. Ich benutzte für meine Versuche Vetren PROMONTA (2 ocm = 2 mg = 2000 IE Heparin). In Vorversuchen erwies sich eine Verdünnung von 1:50 mit physiologischer NaCl für meine Zwecke als eben ausreichend.

Einige Tropfen Blut wurden in die Kammern durch Kapillarkwirkung eingefüllt, die Kammern selbst (Abb. 3a) mit einem Pinselstrich erhitzten Paraffins verschlossen und aufrecht in ein weites Zentrifugenglas gestellt, in dem sich vorgekühlte physiologische NaCl befand. Es wurde anschließend in einer Kältezentrifuge bei einer Temperatur von 4° C zentrifugiert. Die Kälte verhinderte das Festkleben der Leukozyten an den Kammerinnenwänden. Bei einer Umdrehungszahl von 2000-2500/min während 5 Minuten erfolgte eine optimale Trennung der korpuskulären Bestandteile vom Blutplasma.

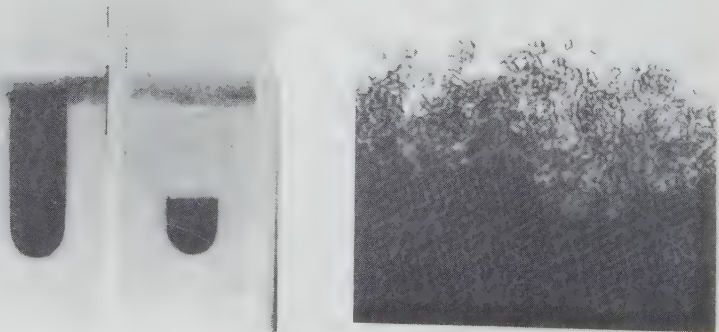


Abb. 3: Die Objektträgerkammern

a) vor b) nach
dem Zentrifugieren

Vergr. 1:1

c) Ausschnitt von 3b:
3-Schichtung des
Kammerinhaltes
Vergr. 1:10

Dem höheren spezifischen Gewicht zufolge sedimentierten die Erythrozyten am schnellsten und erschienen als breite Schicht am Grunde der Kammern (Abb. 3b). Darüber lagerten wie ein milchig-trüber Saum die weißen Blutkörperchen (Ausschnitt 3c). Oben stand klares Plasma. - Die Blutgerinnung kam kurz nach dem Zentrifugieren in Gang, wodurch die einzelnen Schichten endgültig fixiert wurden. Homogene Ausprägung der Leukozytenschicht und Grad der Zellarmut in der Plasmasphäre bildeten den Maßstab, nach dem jeweils 3 von 5 angefertigten Präparaten einer Versuchsperson zur Auswertung kamen. Die Messungen erfolgten mit Hilfe eines Okularmikrometers; 50 Mikrometer-Einheiten (ME) der Meßskala entsprachen einer Strecke von 0,7 mm auf dem Präparat.

Nach Bestimmung der Breite des Leukozytensaumes an drei optisch festgelegten Punkten eines jeden Präparates wurden diese in aufrechter Stellung 3 bzw. 24 Stunden bei 37° C inkubiert. Jeweils am Ende der besagten Zeitspannen erfolgte an den gleichen Orten die Ablesung der von den Leukozyten inzwischen zurückgelegten Wanderungsstrecke. Fußpunkt der Messung war der obere Rand der Erythrozytenschicht; den Endpunkt der Messung bildete der am weitesten ins Serum hochgewanderte Granulozyt.

Während ihrer Wanderung erfahren die Leukozyten eine Reihe morphologischer Veränderungen entsprechend ihrem Funktionszustand zu dem betreffenden Zeitpunkt. Die Serie der folgenden Ausschnittsvergrößerungen will dies veranschaulichen:

Die Abb. 4a vermittelt einen Eindruck über das nach oben hin lichter werdende Gesamtfeld der innerhalb von 3 Stunden ausgeschwärmten Leukozyten, während die Ausschnittsvergrößerung 4b die fast geschlossene Leukozytenfront erfaßt. Auffallend ist die relativ geringe Anzahl der sich aktiv fortbewegenden Zellen im Vergleich zu der massiven Zellansammlung in der Leukozytenaus-



Abb. 4a: Leukozyten in den
Objektträgerkammern
nach 3-stündiger
Bebrütung
Vergr. 1:10

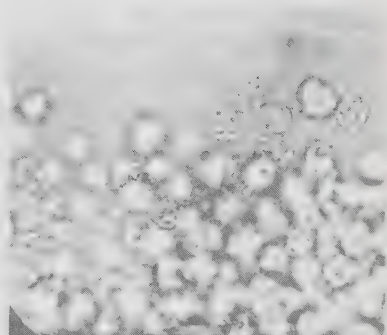


Abb. 4b: Ausschnitt von der
Leukozytenfront
nach 3 Stunden
Vergr. 1:40

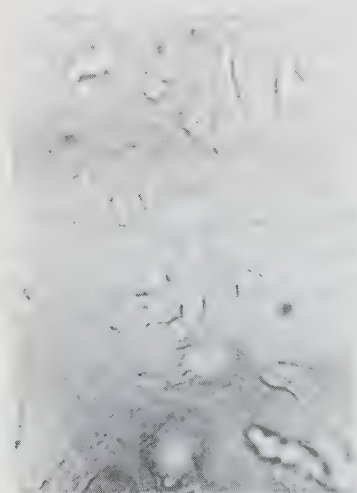


Abb. 5: Leukozyten im Zu-
stand aktiver Be-
wegung

Vergr. 1:40/Ölimmersion

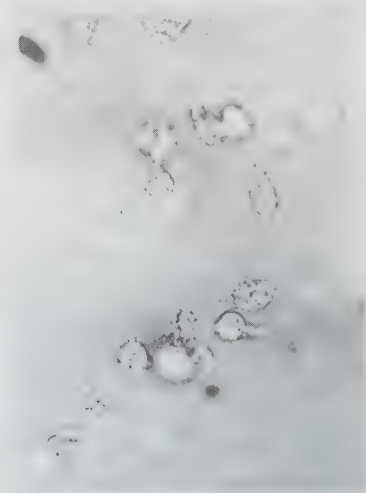


Abb. 6: Absterbende Zellen
nach ca. 24-stündi-
ger Wanderung

gangszone. Durch leichte Bewegung des Objektträgertisches in der Vertikalen läßt sich demonstrieren, daß sich die Zellen in 2 Ebenen bewegen, und zwar entlang den Innenwänden der gläsernen Kammer, während nur wenige Zellen an dem Gespinnst der Fibrinfasern entlangkriechen. Die Notwendigkeit fester Oberflächen für die Motilität von Leukozyten haben MUDD, Mc.CUTCHEON und LUCKE treffend folgendermaßen formuliert: "They can crawl but not swim". Instandgesetzt dazu werden sie durch ihre Eigenschaft der Klebrigkeit oder auch Haftfähigkeit (BAUDISCH, v. PHILIPSBORN), welche das Haften an festen Oberflächen, z. B. Glasobjektträgern oder Fibrinfilmen bzw. -fasern, erst ermöglichen.

In Abb. 5 ist eine Phase höchster Bewegungsintensität festgehalten, wie sie in der Regel nach einer Bebrütungsdauer von 3-6 Stunden zu beobachten ist. Die Zellen erscheinen in der Aufsicht eigenartig großflächig und nehmen durch vorgetriebene Plasmafortsätze oft bizarre Formen an. Meist findet man langgestreckte Zellkörper mit einem vorausgehenden granulafreien Teil, gefolgt von einem breiteren Anteil, in dem sich Granula und Zellkern nur undeutlich darstellen lassen. Vakuolen zu diesem Zeitpunkt sind selten.

Mit zunehmendem Alter der Präparate treten allmählich Degenerationerscheinungen an den Leukozyten auf. Nach 20-24 Stunden wird die aktive Bewegung eingestellt. Als Zeichen der schwindenden Funktionen runden sich die Zellen ab. Auf der Abb. 6 erkennt man in den Zelleibern Vakuolen in wechselnder Zahl und Größe. Gleichzeitig macht sich am Zellkern eine mäßige Verdichtung seiner Chromatinstruktur bemerkbar, der später die Kernpyknose folgt.

VERSUCHSPERSONEN

Im Hinblick auf die Durchführung einer vergleichenden Untersuchung wäre es wünschenswert gewesen, möglichst gleich strukturierte Gruppen von Versuchspersonen zusammenzustellen, insbesondere bezüglich Alter, Geschlecht und Konstitution. Da einerseits die Anzahl der in Betracht kommenden Ausländer in Berlin relativ gering, zum anderen die Bereitschaft zur freiwilligen Blutspende recht unterschiedlich ist, gab ich mich mit 9 Gruppen zu jeweils annähernd 20 Personen zufrieden. Allerdings befolgten nur 8 Afrikaner von der Gold- und Elfenbeinküste und 5 Indonesen meine Bitte.

Im einzelnen handelte es sich um die Vertreter folgender Länder und Berufssparten:

Die Gruppen aus Spanien, Italien und Griechenland setzten sich mit wenigen Ausnahmen aus Gastarbeitern, die mindestens seit 3 Monaten in Berliner Firmen beschäftigt waren, zusammen. - Die Versuchspersonen aus dem Vorderen Orient - Türkei, Irak und Syrien (eine Gruppe) -, aus Indien sowie zwei Splittergruppen aus Afrika und Indonesien gewann ich unter Kommilitoninnen und Kommilitonen von der TU bzw. FU, Berlin. - Dankenswert war die Hilfsbereitschaft einiger japanischer Ärzte, deren Ehefrauen und anderer von Berufs wegen in Berlin weilender Japaner. - Eine Besuchergruppe schwedischer Studenten und Dozenten stellte sich freundlicherweise geschlossen als Blutspender zur Verfügung. - Aus dem zahlenmäßig stärksten Kontingent der deutschen Versuchspersonen wurde eine dem allgemeinen Altersquerschnitt entsprechende Gruppe zusammengestellt.

Während sich eine gleichmäßige Aufgliederung der einzelnen Gruppen nach dem Geschlecht nicht durchführen ließ, konnte die Altersspanne recht gut in Grenzen gehalten werden. So fiel das durchschnittliche Alter von

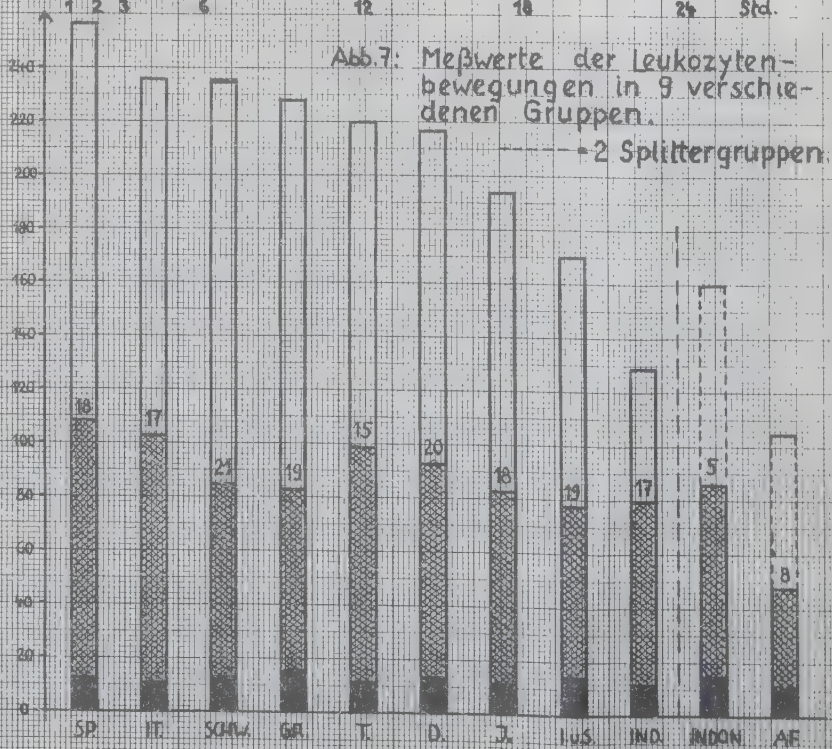
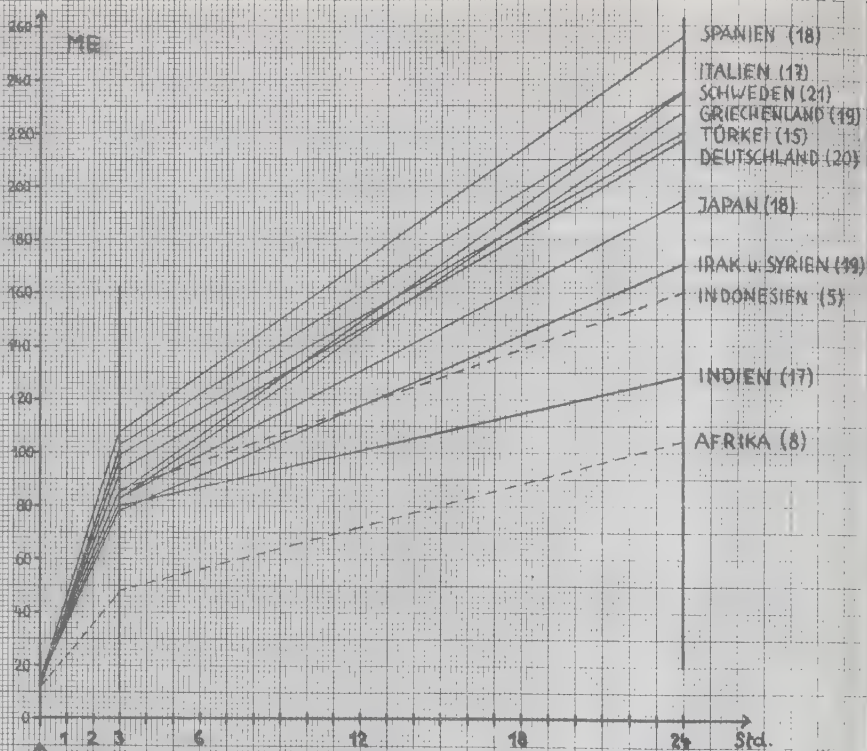
7 Gruppen in die 2. Hälfte des 3. Dezenniums; nur die Japaner mit einem Durchschnittsalter von 32 Jahren und die Türken mit einem solchen von 23 Jahren über- bzw. unterschritten das genannte 5-Jahresintervall.

Neben der Aufzeichnung von Volkszugehörigkeit, Alter und Geschlecht einer Versuchsperson wurden die Hauptkörpermaße Größe (in Schuhen mit flachen Absätzen) und Gewicht (mit leichter Kleidung) ermittelt. Als grob-orientierende Maßnahme zur Überprüfung des Gesundheitszustandes dienten die Ergebnisse der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BKS n. Westergreen) sowie der Leukozytenzahl/mm³ Blut.

ERGEBNISSE

Mit der Methode der linearen Messung im Objektträger-Kammer-Präparat wurden die Wanderungsgeschwindigkeiten von Leukozyten an 9 etwa gleich umfangreichen sowie 2 zahlenmäßig kleinen Gruppen von Erwachsenen verschiedener Nationalität und Rasse untersucht. Einen allgemein vergleichenden Überblick über die dabei gewonnenen Ergebnisse gibt die nachfolgende graphische Darstellung: Auf dem unteren Teil der Abb. 7 sind in 3 verschiedenen ausgezeichneten Abschnitten säulenartig die zum Zeitpunkt 0 sowie nach Ablauf von 3 und 24 Stunden gemessenen durchschnittlichen Wanderungsstrecken aufgetragen. Die jeweilige Zahl der Versuchspersonen findet sich über dem schraffierten Säulenabschnitt. Der stufenartige Abfall der Säulenreihen von links nach rechts macht die in der Zeiteinheit abnehmenden Wanderungswege bei den einzelnen Volksgruppen recht deutlich. Während die spanische Gruppe mit dem Endwert klar nach oben hinausragt, verlaufen die Stufen bei Italienern, Schweden, Griechen, Türken und Deutschen flacher, um dann über Japaner, Iraker und Syrer bis zu den Indern steil abzusinken. So wandern die weißen Blutkörperchen der spanischen Versuchspersonen in 24 Stunden gut zweimal so weit wie die der Inder. Im Gegensatz dazu erkennt man, daß die Leukozytenausgangswerte ebenso wie die 3-Std.-Werte wesentlich näher beieinander liegen, als dies für die entsprechenden Tageswerte zutrifft. Einen markanten Unterschied verzeichnet man allerdings bezüglich der 3-Std.-Werte bei der afrikanischen "Splittergruppe", die abbildungsmäßig gleich der indonesischen Gruppe durch gestrichelte Linien gekennzeichnet ist.

Durch entsprechende Umzeichnung der Versuchsergebnisse - auf der oberen Hälfte der Abb. 7 wurde die Abszisse als Zeitachse gewählt; jede Linie entspricht einer Versuchsgruppe - lassen sich weitere Feststellungen allgemeiner



Natur treffen: Von einem fast gemeinsamen Startpunkt auf der Ordinate bewegt sich ein eng gebündeltes Linienspektrum in steilem Anstieg auf die 3-Stunden-Markierung zu, um von dort aus mit zwar unterschiedlichem, aber deutlich geringerem Neigungswinkel zur Zeitkoordinate und gleichzeitig weit divergierend den Endpunkt der Messung zu erreichen. (Eine Ausnahme bildet auch hierbei der 3-Std.-Wert der afrikanischen Gruppe). Im Steilheitsgrad der beiden Kurvenabschnitte drückt sich somit die differente Wanderungsaktivität der weißen Blutkörperchen in den jeweiligen Zeitspannen aus. Diese Beobachtung bestätigt die Aussage mehrerer eingangs erwähnter Autoren, wonach das Maximum der Wanderungsgeschwindigkeit während der ersten 2-6 Stunden nach der Blutentnahme erreicht wird. So legen die Leukozyten von 9 hier vornehmlich in Betracht kommenden Volksgruppen in den ersten 3 Stunden annäherungsweise gleiche Wegstrecken zurück, und erst nach längerer Beobachtungsdauer treten die den Leukozyten der einzelnen Gruppen innewohnenden Wanderungsaktivitäten sinnfällig in Erscheinung. Zur Erläuterung diene ein kleines Zahlenbeispiel, wobei die 3- und 24-Std.-Meßwerte der spanischen, japanischen und indischen Versuchspersonen miteinander verglichen werden: Setzt man die in einer Größenordnung sich bewegenden Wanderungstrecken innerhalb von 3 Stunden gleich 1, so erkennt man anhand der Abb. 7, daß die Leukozyten der Spanier bis zum Ende der 24-stündigen Beobachtungszeit nochmals das $1 \frac{1}{2}$ -fache, diejenigen der Japaner etwa das Doppelte, die weißen Blutkörperchen der Inder dagegen nur mehr die Hälfte der bereits nach Ablauf von 3 Stunden gewonnenen Distanz zurücklegen.

In der folgenden Abbildungsserie 8 - 17 sind in vergleichender Folge die Meßergebnisse sämtlicher Einzelpersonen des betreffenden Landes graphisch und tabellarisch dargestellt, geordnet nach absinkenden durchschnittlichen Wanderungsgeschwindigkeiten/24Std. - Mittelstück einer jeden Zeichnung bildet die bereits bekannte Säulenreihe mit

den zum Zeitpunkt 0, 3 und 24 Std. ermittelten Wanderungsstrecken in Okular-Mikrometer-Einheiten (ME). Die genauen Zahlenangaben finden sich samt mittlerem quadratischem Fehler als Fußzahl in der Tabelle unten aufgezeichnet.

Da das Lebensalter der einzelnen Versuchspersonen - wie oben schon erwähnt - ziemlich ausgeglichen ist und die Ergebnisse der Leukozytenzählung/mm³ sowie der Blutkörperchen-Senkungsgeschwindigkeit (BKS nach Westergreen) fast durchweg in physiologischen Bereichen lagen, wurden diese Daten nur tabellarisch festgehalten. Körpermaße wie Größe (m), Gewicht (kg) und Körperoberfläche (m²) - diese als Funktion jener beiden individuell recht schwankenden Größen - eigneten sich für eine graphische Darstellung besser, vor allem im Hinblick auf die Möglichkeit einer Beziehung zwischen ihnen und der Leukozytenwanderungsaktivität der betreffenden Versuchsperson. Die Berechnung der Körperoberfläche erfolgte nach der empirischen Formel von Du BOIS:

$$\text{Körperoberfläche (m}^2\text{)} = 0,167 \sqrt{\text{Größe (m)} \times \text{Gewicht (kg)}}$$

Die durchgezogenen Waagerechten in den 3 oberen Teilzeichnungen entsprechen dem arithmetischen Mittelwert aus sämtlichen Einzelmessungen einer Versuchsgruppe, wogegen die gestrichelten Parallelen die mittlere (quadratische) Fehlerbreite andeuten, welche errechnet ist nach der Formel:

$$\sigma \text{ (sigma)} = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$$

(d = Differenz von Einzel- und Mittelwerten; n = Zahl der Versuche).

In den umrandeten Tabellen am rechten oberen Bildrand finden sich außer den Mittelwerten sämtlicher Einzelmessungen einer bestimmten Gruppe von Versuchspersonen (VP) die mittleren quadratischen Fehler in absoluter und relativer Höhe verzeichnet.

Bei der Durchsicht der einzelnen Gruppen erkennt man ange-

SPANIEN

Mittelwerte (18 VP)			Mittl. Fehler	
			absolut	%
ME nach 3h	108,6		$\pm 10,7$	9,8
" " 24h	256,5		$\pm 39,7$	15,5
Größe in m	1,73		$\pm 0,06$	3,5
Gewicht in kg	70,0		$\pm 9,5$	13,5
Körperfl. m ²	1,82		$\pm 0,15$	8,8
Alter	27,9		$\pm 4,4$	15,8

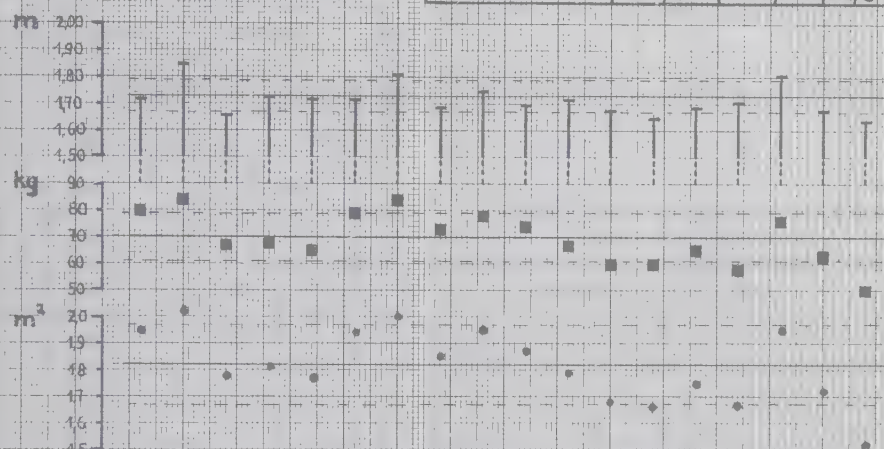
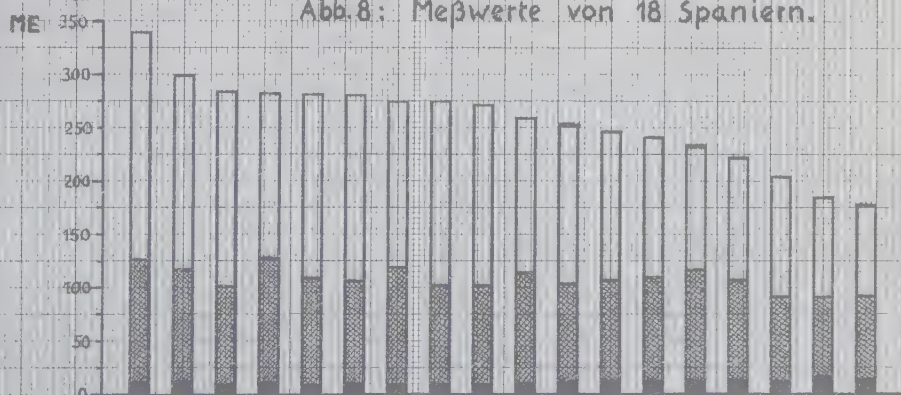


Abb. 8: Meßwerte von 18 Spaniern.



VP N ^o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Alter	21	22	31	32	28	35	22	29	21	31	32	30	31	27	30	28	22	31
Größe - m	1,72	1,85	1,66	1,73	1,72	1,72	1,81	1,69	1,75	1,70	1,72	1,68	1,65	1,69	1,71	1,81	1,68	1,64
Gewicht - kg	80	84	67	68	65	79	84	73	78	74	67	60	60	65	58,5	75,5	63	50
Körperfl. m ²	1,95	2,08	1,78	1,81	1,77	1,94	2,03	1,85	1,95	1,87	1,79	1,68	1,66	1,73	1,67	1,95	1,72	1,51
Leukoz. $\times 1000$	8,0	7,0	5,2	8,7	7,6	6,2	8,1	7,8	7,5	6,8	6,8	8,4	6,4	5,3	7,7	6,2	8,3	8,2
BKS	4/8	4/7	5/10	10/20	7/12	3/7	2/5	3/8	2/4	1/4	2/4	1/4	2/10	10/17	4/9	5/13	6/12	4/9
ME _{0h}	12	13	11	13	10	12	11	11	10	12	14	14	13	14	14	13	18	15
ME _{3h}	127	118	102	128	110	107	119	103	103	115	104	107	110	117	108	92	92	93
ME _{24h}	310	299	284	283	282	281	275	275	272	259	253	247	242	234	223	205	185	178

ITALIEN

	Mittelwerte (17VP)	Mittl. Fehler	
		absolut	%
ME nach 3h	103,4	±10,5	10,1
" " 24h	236,0	±40,0	16,9
Größe in m	1,68	± 0,06	3,6
Gewicht in kg	68,2	± 8,5	12,4
Körperfl. m ²	1,80	± 0,12	6,7
Alter	27,1	± 3,4	12,2

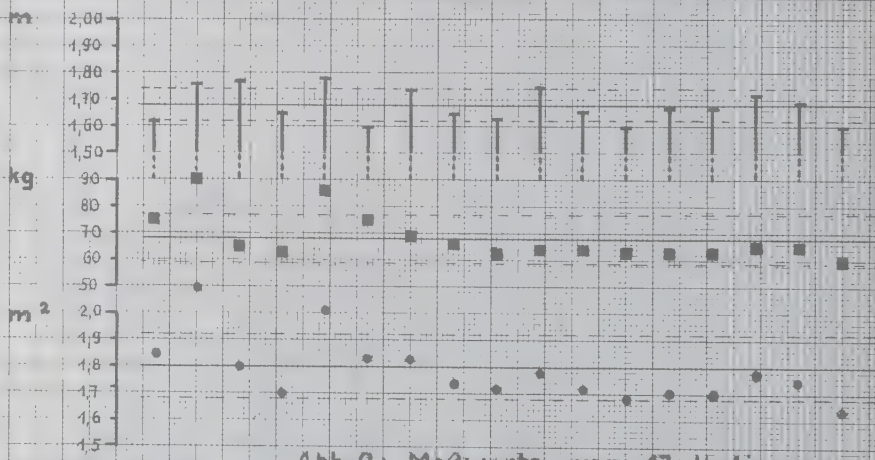
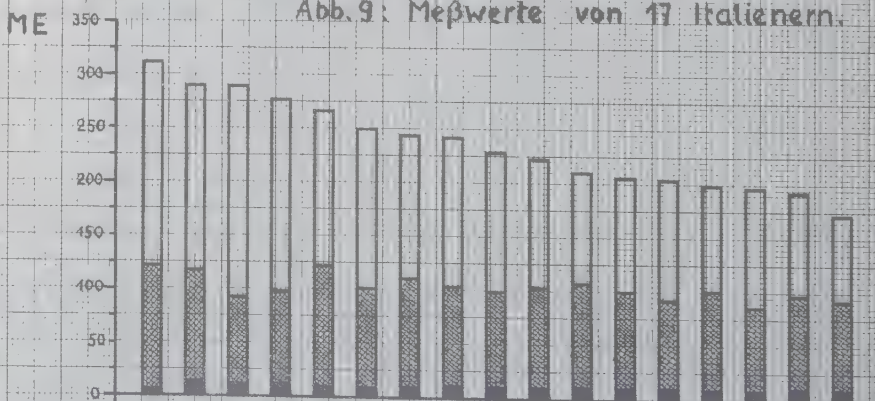


Abb. 9: Meßwerte von 17 Italienern.



VP N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Alter	26	26	23	28	31	33	28	25	27	23	25	30	26	34	21	27	27
Größe m	1,62	1,76	1,77	1,65	1,78	1,60	1,74	1,65	1,63	1,75	1,68	1,60	1,67	1,67	1,72	1,69	1,60
Gewicht kg	75	90	65	63	86	75	69	66	63	64	64	63	63	63	65	65	60
Körperfl. m ²	1,85	2,10	1,80	1,70	2,06	1,83	1,83	1,74	1,72	1,78	1,72	1,69	1,71	1,71	1,78	1,75	1,64
Leukoz x1000	5,9	8,5	7,7	6,6	4,8	6,2	7,4	6,8	7,5	7,4	8,5	7,9	8,0	7,4	7,2	6,6	9,0
BKS	8/15	2/4	5/10	4/7	5/10	5/10	2/5	5/12	2/6	3/7	3/6	5/10	4/10	2/4	3/7	2/7	4/7
ME _{0h}	8	14	13	13	10	10	11	12	11	11	12	11	12	10	10	12	11
ME _{3h}	123	118	93	99	123	102	112	104	100	104	108	100	93	102	87	98	93
ME _{24h}	312	290	290	278	267	250	244	243	229	222	241	207	205	200	198	194	173

SCHWEDEN

	Mittelwerte (21 VP)	Mittl. Fehler	
		absolut	%
ME nach 3h	85,1	$\pm 16,3$	19,1
" " 24h	235,0	$\pm 44,3$	18,8
Größe in m	1,78	$\pm 0,07$	3,9
Gewicht in kg	70,3	$\pm 8,05$	11,4
Körperfl. m ²	1,87	$\pm 0,13$	7,0
Alter	27,5	$\pm 2,9$	10,5

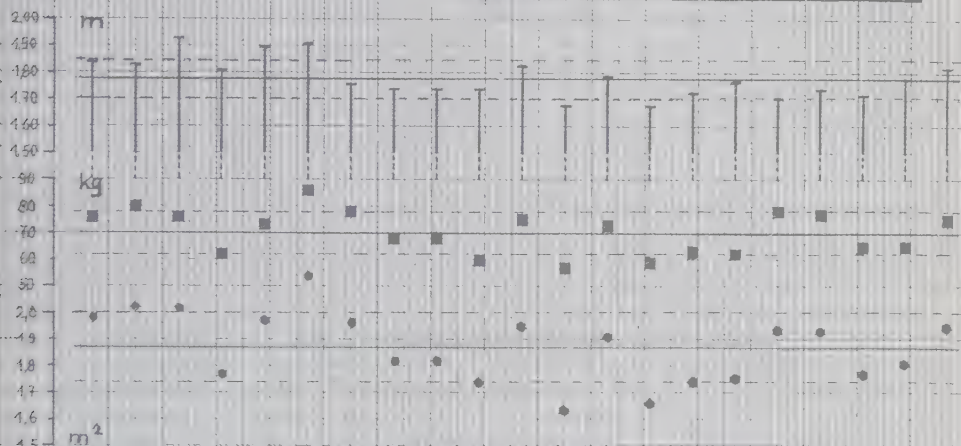
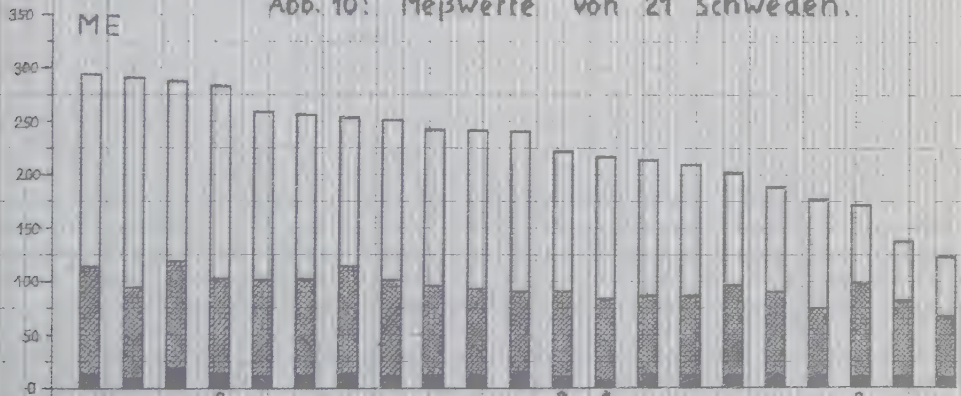


Abb. 10: Meßwerte von 21 Schweden.



VP Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Alter	28	25	25	26	27	29	27	32	26	27	26	23	25	36	27	27	31	25	27	28	31
m	1,84	1,83	1,92	1,81	1,90	1,91	1,76	1,74	1,74	1,74	1,83	1,68	1,79	1,68	1,73	1,77	1,71	1,74	1,72	1,78	1,82
kg	76	80	76	62	73	86	78	68	68	60	75	57	73	59	63	62	78	77	65	65	75
m ²	1,98	2,02	2,02	1,77	1,97	2,14	1,96	1,82	1,82	1,74	1,95	1,63	1,91	1,66	1,74	1,75	1,93	1,93	1,77	1,81	1,95
Lx1000	5,6	9,2	7,8	6,6	6,8	6,4	7,6	4,8	6,0	5,0	8,5	3,4	5,5	7,6	8,5	4,5	8,0	5,2	4,4	4,8	5,6
BMS	6,74	8,28	11,26	22,38	3,10	4,7	5,71	10,24	3,6	10,21	6,13	3,10	10,21	10,20	3,7	5,9	6,13	4,9	6,12	8,74	5,9
ME _{oh}	14	10	19	14	12	13	15	12	13	13	17	12	8	14	13	13	15	13	11	12	11
ME _{3h}	115	94	119	104	102	103	115	102	97	93	92	84	87	78	96	90	70	75	99	83	68
ME _{24h}	295	292	289	284	260	258	255	252	244	243	222	218	215	210	203	189	178	173	164	149	

GRIECHENLAND

	Mittelwerte (19 VP)	Mittl. Fehler absolut	%
ME nach 3h	82,9	±13,1	15,8
" " 2+h	227,9	±44,9	19,7
Größe in m	1,75	± 0,06	3,4
Gewicht in kg	70,3	± 6,5	9,2
Körperfl. in m ²	1,86	± 0,11	5,9
Alter	26,6	± 4,5	16,9

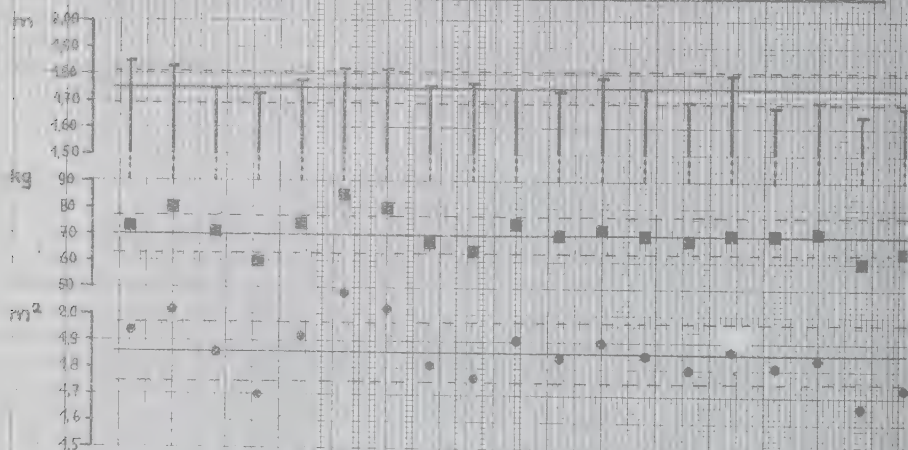
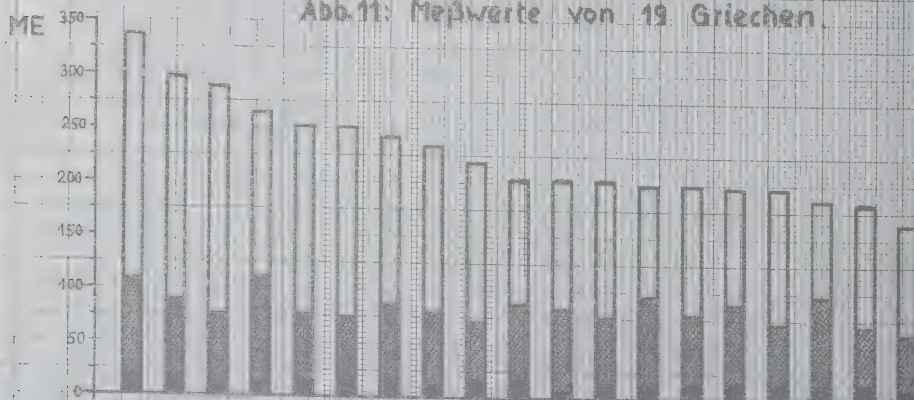


Abb. 11: Messwerte von 19 Griechen



VP Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Alter	26	21	20	33	26	26	26	23	25	32	28	31	32	32	21	21	23	20	36
Größe in m	1,85	1,88	1,75	1,73	1,78	1,82	1,82	1,76	1,77	1,75	1,74	1,79	1,75	1,70	1,80	1,68	1,70	1,65	1,61
Gewicht in kg	73	80	71	60	74	85	80	67	64	74,5	70	72	70,5	68	70	70	71	60	64
Körperfl. in m ²	1,94	2,02	1,86	1,70	1,92	2,08	2,02	1,81	1,77	1,91	1,84	1,90	1,85	1,80	1,87	1,81	1,84	1,66	1,73
Leukozyten/1000	8,2	5,2	9,0	1,9	5,7	8,2	6,1	5,2	5,4	7,3	6,7	5,5	6,4	5,8	5,2	8,5	7,5	6,5	7,2
DE	1/3	7/13	8/17	2/6	4/10	2/4	2/5	13/23	1/3	8/20	3/8	7/15	5/12	13/25	4/19	8/19	4/7	4/10	8/11
ME _{on}	19	17	16	17	15	18	17	15	19	18	8	17	18	17	18	18	16	17	12
ME _{3h}	109	89	161	112	77	75	87	79	71	88	84	77	96	80	90	72	98	70	63
ME _{2+h}	117	298	287	265	252	224	235	219	204	204	200	199	197	197	186	184	165	165	165

TÜRKEI

Mittelwerte (15VP)		Mittl. Fehler	
		absolut	%
ME nach 3h	99,0	$\pm 11,6$	11,7
" " 24h	220,0	$\pm 33,0$	15,2
Größe in m	1,75	$\pm 0,06$	3,4
Gewicht - kg	69,8	$\pm 6,4$	9,2
Körperfl. - m ²	1,85	$\pm 0,11$	5,9
Alter	22,9	$\pm 3,8$	16,6

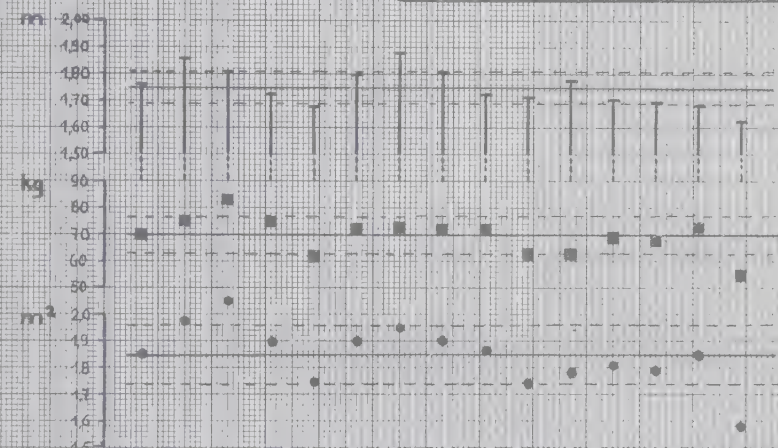
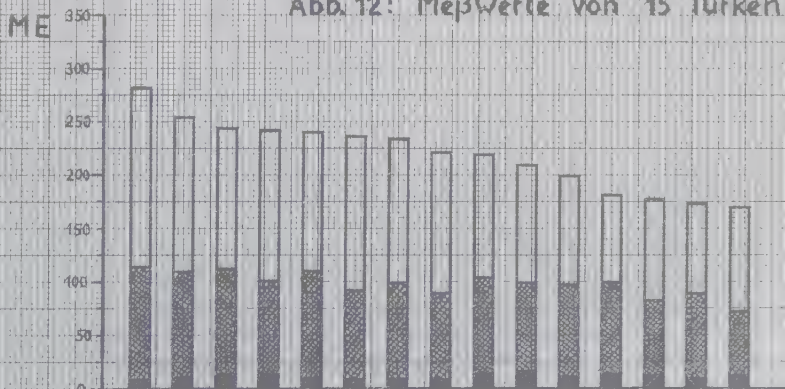


Abb. 12: Meßwerte von 15 Törken.



VP. Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alter	33	20	30	21	25	20	22	22	21	21	20	21	22	21	25
Größe - m	1,76	1,86	1,81	1,73	1,68	1,80	1,88	1,81	1,73	1,72	1,78	1,71	1,70	1,69	1,63
Gewicht kg	70	75,5	83,5	75	62,5	72	73	72	72,5	63	63	69,5	68	73	55
Körperfl. m²	1,85	1,98	2,05	1,90	1,75	1,90	1,95	1,90	1,87	1,74	1,78	1,81	1,79	1,85	1,57
Lev.koz. * 1000	6,5	7,5	9,0	6,0	7,5	8,0	6,2	5,5	5,5	8,4	6,5	7,2	5,9	5,8	8,0
B.K.S.	9/20	7/13	13/20	6/16	6/13	2/5	4/10	8/16	6/12	2/8	8/16	3/8	2/5	2/5	5/15
ME _{0h}	9	12	14	15	11	10	10	10	15	17	12	14	13	10	13
	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	$\pm 0,5$	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 2
ME _{3h}	115	110	113	102	111	93	99	90	104	100	99	101	83	90	73
	± 5	± 3	± 6	± 4	± 4	± 6	± 6	± 14	± 10	± 8	± 6	± 8	± 3	± 5	± 5
ME _{24h}	283	255	245	243	241	237	234	222	220	210	200	182	178	174	170
	± 10	± 10	± 7	± 7	± 8	± 5	± 8	± 23	± 10	± 31	± 12	± 7	± 4	± 4	± 11

DEUTSCHLAND

	Mittelwerte (20 VP)	Mittl. Fehler	
		absolut	%
ME nach 3h	92,9	±16,1	17,3
" " 24h	217,3	±42,3	19,5
Größe in m	1,75	± 0,08	4,6
Gewicht " kg	70,2	± 6,2	8,8
Körperfl. m ²	1,86	± 0,1	5,4
Alter	27,6	± 5,7	20,6

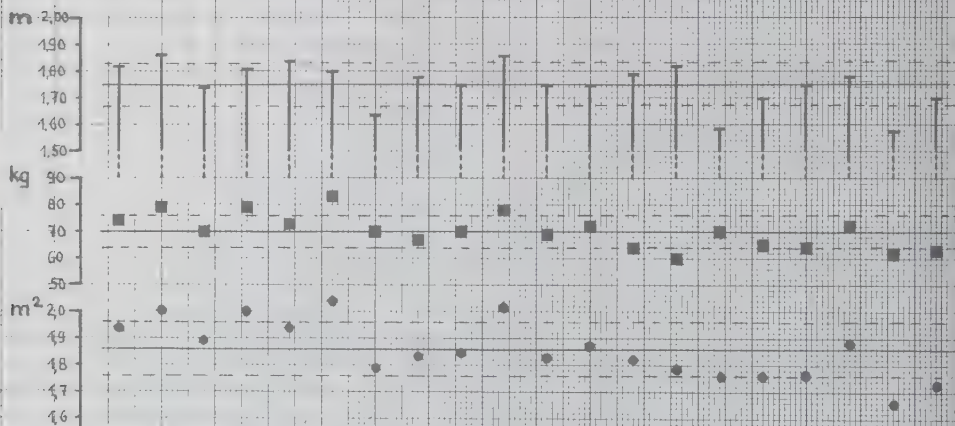
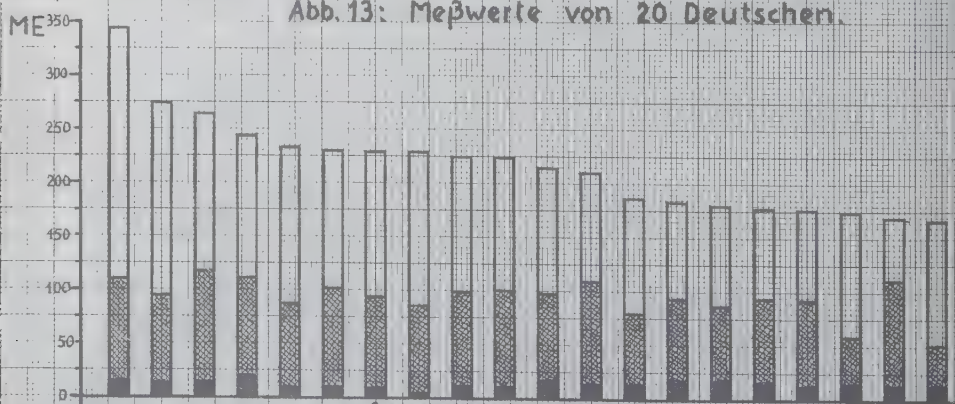


Abb. 13: Meßwerte von 20 Deutschen.



VP N ^o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alter	24	25	26	25	22	24	39	28	26	29	27	33	24	22	39	22	26	28	40	24
m	1,82	1,86	1,74	1,81	1,84	1,80	1,64	1,78	1,75	1,86	1,75	1,75	1,79	1,82	1,58	1,70	1,75	1,38	1,58	1,70
kg	74	79	70	79	73	83	70	67	70	78	69	72	64	60	70	65	64	72	62	63
m ²	1,94	2,01	1,89	2,00	1,94	2,04	1,79	1,83	1,85	2,02	1,83	1,87	1,82	1,79	1,76	1,76	1,77	1,89	1,66	1,73
ix 1000	6,5	8,1	7,9	7,4	7,5	7,6	4,1	7,2	6,9	8,4	5,4	6,0	7,1	7,9	4,3	6,0	8,1	5,3	7,0	7,2
BKS	7/14	3/7	2/5	5/10	9/15	3/6	7/19	4/7	2/6	3/5	3/7	5/10	2/5	3/6	5/10	2/5	10/22	4/8	4/9	3/7
ME _{on}	15	13	14	20	10	10	10	5	13	12	18	15	44	19	18	18	43	16	15	14
ME _{3h}	110	95	118	112	88	103	94	86	100	101	98	110	80	93	87	94	93	59	86	52
ME _{24h}	344	275	265	244	233	231	230	230	225	224	215	241	187	184	181	178	177	175	170	168

JAPAN

Mittelwerte (18VP)		Mittl. Fehler	
		absolut	%
ME nach 3h	83,0	$\pm 11,8$	14,2
" " 24h	194,5	$\pm 44,8$	23,0
Größe in m	1,67	$\pm 0,07$	4,2
Gewicht " kg	58,7	$\pm 9,0$	15,3
Körperfl. - m ²	1,65	$\pm 0,15$	9,1
Alter	32,0	$\pm 3,8$	11,9

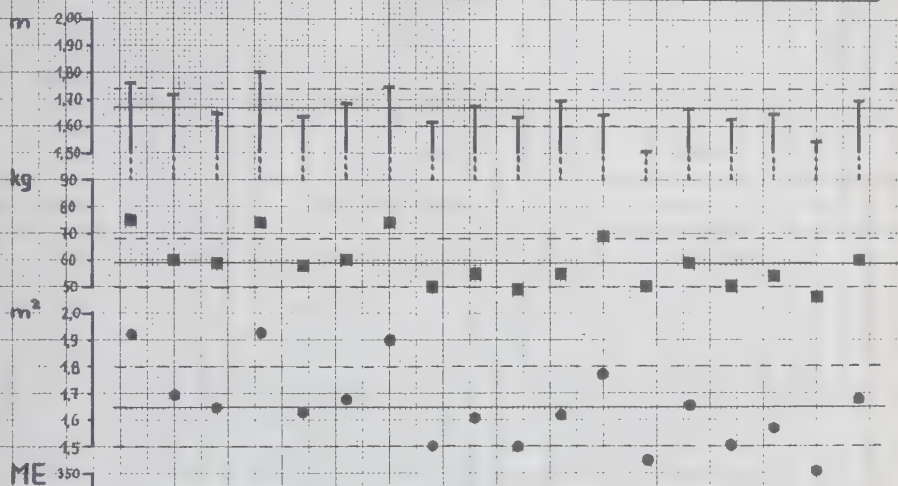
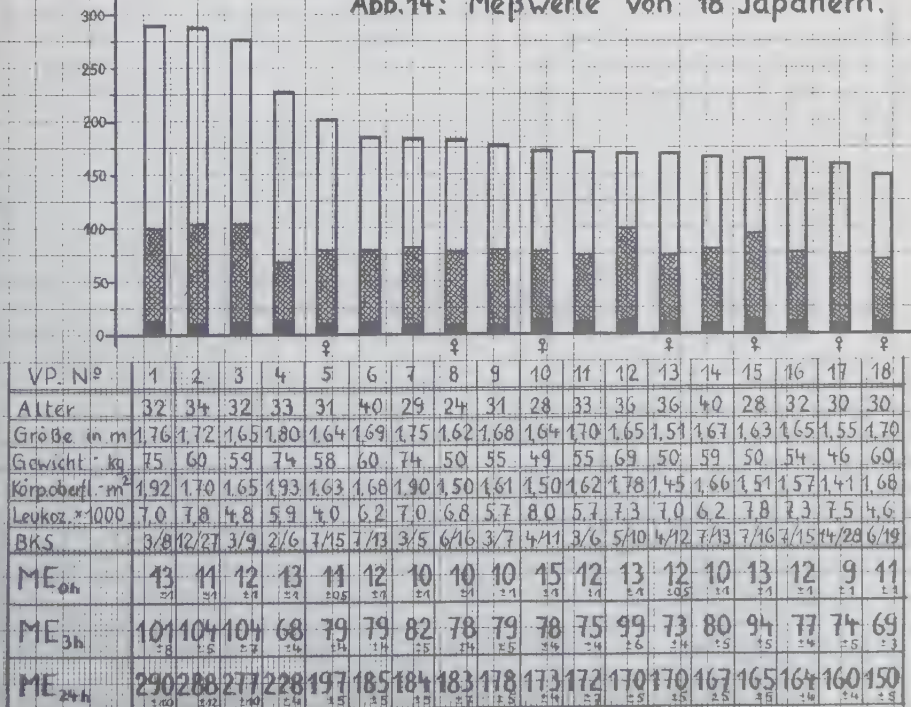


Abb. 14: Meßwerte von 18 Japanern.



IRAK u. SYRIEN

Mittelwerte (19 VP)		Mittl. Fehler	
		absolut	%
ME nach 3 h	77,6	±11,5	14,8
" " 24 h	170,0	±26,5	15,6
Größe in m	1,71	± 0,05	2,9
Gewicht - kg	68,8	± 5,6	8,1
Körperfl. - m ²	1,81	± 0,09	5,0
Alter	26,3	± 2,6	9,9

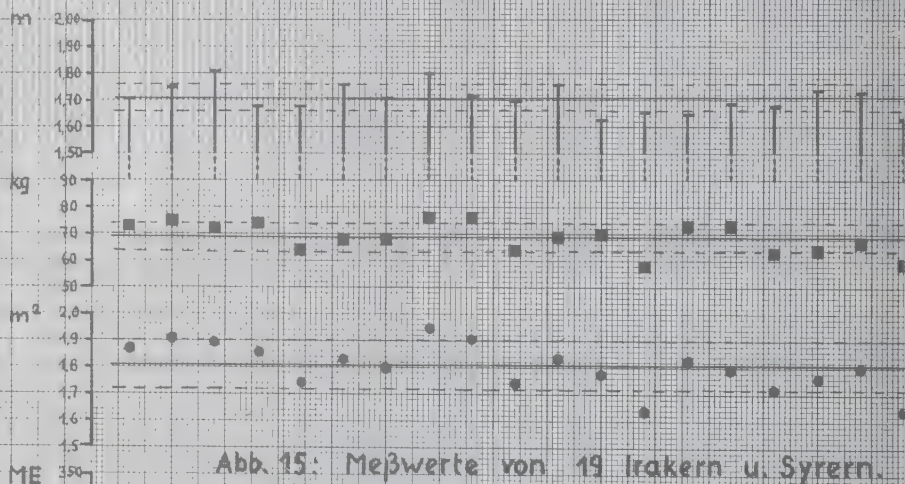
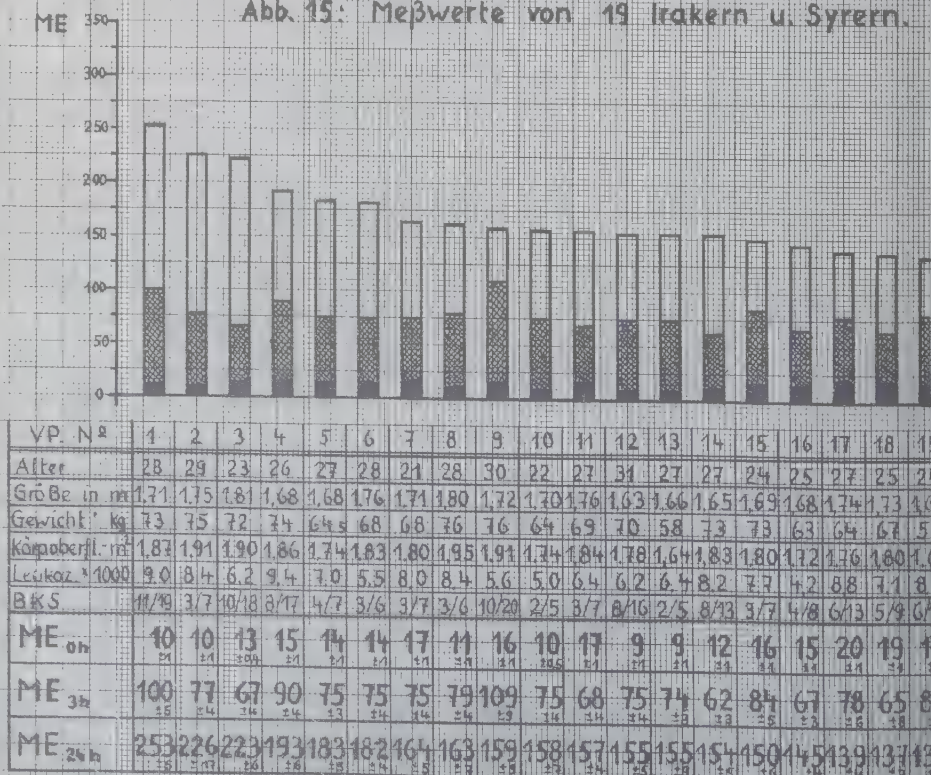


Abb. 15: Meßwerte von 19 Irakern u. Syrern.



INDIEN

Mittelwerte (17 VP)	Mittl. Fehler absolut	%
ME nach 3h	79.3	± 7.5 9.5
" " 24h	128.6	± 46.2 35.9
Größe in m	1.73	± 0.06 3.5
Gewicht in kg	63.3	± 6.0 9.5
Körperfl.-m ²	1.75	± 0.09 5.1
Alter	26.6	± 2.7 10.1

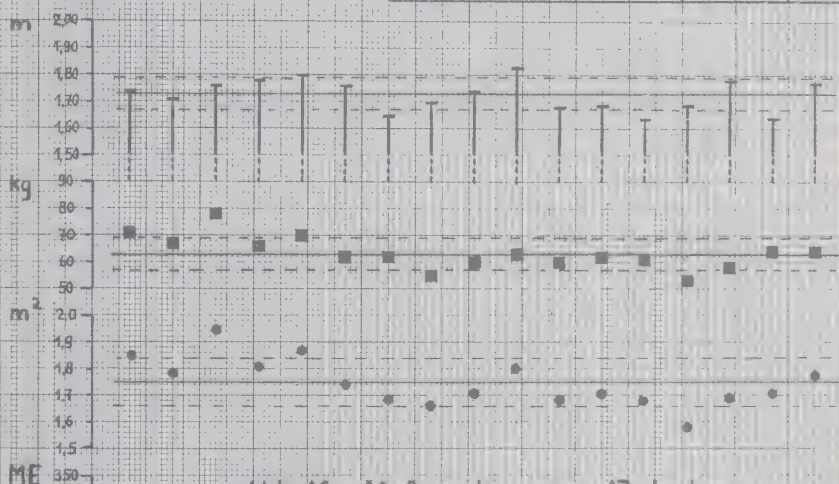
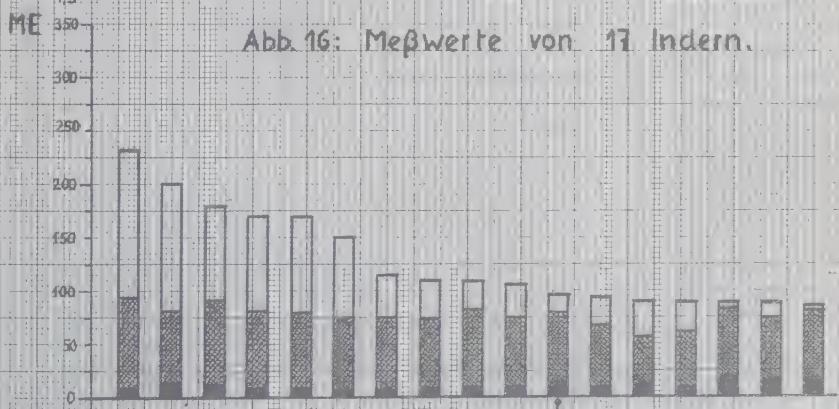


Abb. 16: Meßwerte von 17 Indern.



VP. N ^o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Alter	28	28	23	29	26	24	28	30	27	28	25	25	31	26	24	29	21
Größe in m	1.74	1.71	1.70	1.78	1.80	1.76	1.65	1.70	1.74	1.83	1.68	1.69	1.64	1.69	1.78	1.64	1.77
Gewicht in kg	71	67	78	66	70	62	62	55	60	63.5	60	62	61.5	53	58	64	64
Körperfl. m ²	1.85	1.79	1.95	1.81	1.87	1.74	1.69	1.67	1.71	1.80	1.68	1.71	1.68	1.58	1.69	1.71	1.75
Leuko. $\times 1000$	6.0	5.9	6.1	5.5	7.9	8.5	4.0	6.1	11.6	5.0	6.3	6.5	7.1	6.6	9.0	7.0	5.2
BK S	5/9	3/7	2/5	3/8	3/7	6/7	8/13	8/20	6/14	5/10	8/18	4/18	20/40	6/15	6/20	3/6	2/4
ME _{4h}	9	14	13	10	10	8	8	11	11	11	15	10	13	10	20	17	17
ME _{3h}	94	82	92	82	81	76	76	75	83	75	80	68	82	63	83	75	82
ME _{24h}	233	201	180	171	170	151	115	111	110	107	97	95	91	90	88	80	86

AFRIKA

	Mittelwerte 8 VP	Mittl. Fehler absolut	%
ME ₃	48,0	± 8,3	17,3
" ²⁴	105,1	± 24,7	23,5
m	1,77	± 0,05	2,8
kg	72,7	± 5,3	7,3
m ²	1,90	± 0,09	4,7
A	28,1	± 2,7	9,6

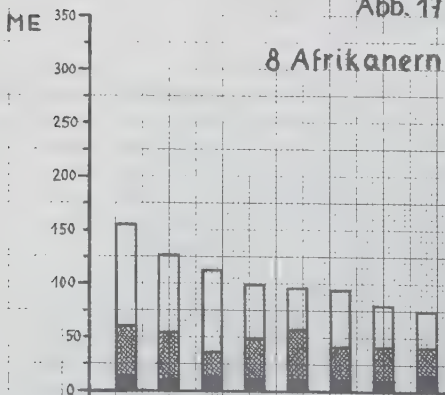
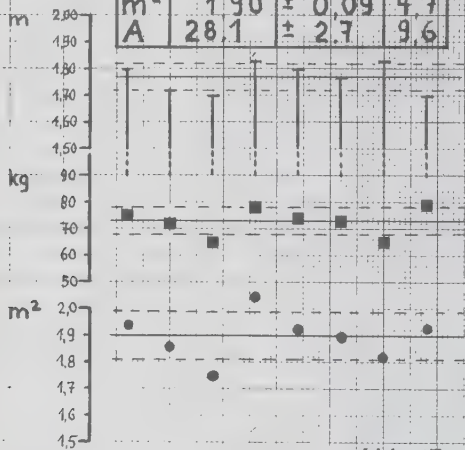
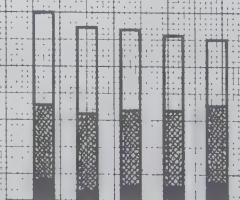
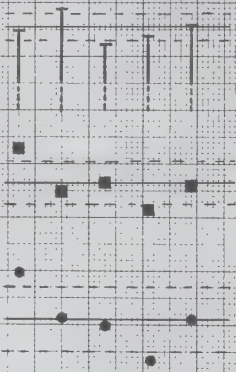


Abb. 17: Meßwerte
von

8 Afrikanern u. 5 Indonesen.

INDONESIEN

	Mittelwerte 5 VP	Mittl. Fehler absolut	%
ME ₃	85,8	± 3,5	4,1
" ²⁴	160,4	± 9,3	5,8
m	1,71	± 5,4	3,1
kg	62,8	± 8,3	13,2
m ²	1,72	± 0,12	7,0
A	29,2	± 2,0	6,8



VP. N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Alter	29	30	23	26	28	29	28	32
Größe - m	1,80	1,72	1,70	1,83	1,80	1,77	1,83	1,70
Gewicht - kg	75	72	65	78,5	74,5	73	65	79
Körperfl. - m ²	1,94	1,86	1,75	2,05	1,93	1,90	1,82	1,93
Leukoz. x 1000	8,0	5,0	2,0	5,1	6,8	5,0	4,5	3,0
BKS	3/5	3/8	2/6	6/18	12/24	5/18	6/13	3/4
ME _{0h}	74	11	14	12	12	12	10	16
	± 2,1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 2	± 1
ME _{3h}	60	55	37	49	58	42	42	41
	± 4	± 4	± 3	± 4	± 4	± 5	± 2	± 2
ME _{24h}	155	127	113	99	97	95	80	75
	± 5	± 6	± 9	± 8	± 7	± 8	± 3	± 5

	1	2	3	4	5
31	26	31	29	29	
1,70	1,78	1,65	1,68	1,72	
76	60	63	53	62	
1,90	1,73	1,70	1,57	1,72	
6,0	7,4	6,3	7,1	4,6	
9/17	18/30	10/24	9/14	10/20	
20	10	15	15	18	
	± 1	± 1	± 1	± 1	
90	82	84	84	89	
	± 4	± 3	± 8	± 5	
175	162	160	154	151	
	± 6	± 4	± 5	± 4	

sichts der von links nach rechts ziemlich gleichmäßig abfallenden Säulenreihen, daß in jedem Kollektiv Personen mit schneller und langsamer wandernden Leukozyten vornanden sind. Diese allgemeine Feststellung trifft für die spanische Spitzengruppe ebenso zu wie für das breite Mittelfeld der Italiener, Schweden, Griechen, Türken und Deutschen sowie die nachfolgenden langsameren Gruppen aus Japan, Irak-Syrien und Indien. Ein ähnliches Bild deutet sich bereits bei den Splittergruppen aus Afrika und Indonesien an. - Es bestehen somit bezüglich der 24-Std.-Wege von weißen Blutkörperchen unter den einzelnen Versuchspersonen eines Landes erhebliche Differenzen. Im Gegensatz dazu läßt sich aufgrund der abbildungsmäßig kariert gezeichneten Säulenabschnitte eine größere Homogenität der 3-Std.-Werte ablesen. Ob hier dennoch signifikante Unterschiede vorliegen, soll eine spätere Berechnung klären. - Noch geringere Differenzen weisen die schwarz ausgezeichneten Leukozytenausgangswerte auf, was indirekt auch für die gute Brauchbarkeit der Kammermethode zum Zwecke vergleichender Untersuchungen spricht.

Im folgenden sei das Hauptaugenmerk auf die Beziehung zwischen den abfallenden Einzelsäulen einerseits und den zugeordneten symbolischen Darstellungen von Körpergröße, -gewicht und -oberfläche gerichtet: Unter Zuhilfenahme der durchgezogenen Waagerechten und der beiden Parallelen läßt sich in einem Teil der Fälle unschwer ein Gefälle von links nach rechts erkennen, während dies in anderen Fällen nur zu erraten bzw. zu verneinen ist. So findet man die Mehrzahl der körperlich größten Versuchspersonen bei den Schweden, Griechen und Deutschen auf der linken Bildhälfte vereinigt; indessen sind bei der spanischen und indischen Gruppe große und kleine Versuchspersonen gleichmäßiger verteilt. - Ein etwas deutlicheres Bild zeichnet sich schon bei der Betrachtung der Gewichtsverhältnisse ab. Hier stellt man im Falle der Spanier, Italiener, Deutschen oder Iraker-Syrer von links nach rechts ein offensichtliches Gewichtsgefälle fest, was in dieser Ausprägung z. B. bei den schwedischen

Versuchspersonen bestimmt nicht vorhanden ist, jedoch bei den Indern oder Griechen eher vermutet werden könnte. - Faßt man schließlich die niedriger werdenden Säulenreihen mit den als Punkten charakterisierten Körperoberflächen gleichzeitig ins Auge, so wird mit Ausnahme der Schweden die zumindest zeichnerische Koinzidenz zwischen abnehmenden Leukozytenwanderungsstrecken/24 h und kleiner werdenden Körperoberflächen recht deutlich.

Wurde bisher versucht, durch Analysieren von 9 zahlenmäßig kleinen Volksgruppen auf Abhängigkeiten zwischen Wanderungsaktivität der Leukozyten und verschiedenen Körperdaten hinzuweisen, so soll nun in einer groß angelegten Gesamt-schau der Versuch unternommen werden, ein möglicherweise allgemeingültiges Prinzip aufzudecken. Zu diesem Zwecke finden sich auf der gekniffen Abbildung 18 - wiederum geordnet nach Maßgabe abnehmender Leukozytenwanderungsgeschwindigkeiten/24 h - alle in Frage stehenden Meßwerte aller Versuchspersonen aufgereiht. In die Betrachtung mit-einbezogen sind neben den Splittergruppen aus Afrika und Indonesien noch weitere 13 deutsche Versuchspersonen, so daß insgesamt 190 Probanden zahlenmäßige Grundlage dieser Untersuchung bilden. Auf die gesonderte Darstellung der Leukozytenausgangswerte wurde hier verzichtet; statt dessen trägt jede Säule nahe ihrer Basis in abgekürzter Form das Herkunftsland der betreffenden Versuchsperson sowie die laufende Versuchsnummer. - Mit Bezug auf die schwarz ausgezeichneten 3-Std.-Werte wird auch hier erstmals eine gewisse fallende Tendenz von links nach rechts sichtbar. Waren anhand der Einzelbetrachtungen Abhängigkeiten zwischen der Tageswegeleistung der Leukozyten und den 3 Hauptkörpermaßen in mehreren Fällen zumindest zeichnerisch fragwürdig, so steht hier in der Gesamtübersicht das den 24-Std.-Werten analog gerichtete Gefälle der Einzelwerte wohl außer Frage, und zwar tritt es, von der Körpergröße angefangen, über Körpergewicht und Körperoberfläche in immer deutlicherem Maße zutage. Dies würde ganz allgemein besagen, daß Leukozyten von Personen mit großer Körperoberfläche eine größere

Wanderungsaktivität besitzen als solche mit kleinerer Oberfläche. Da die Körperoberfläche aber ihrerseits eine mathematisch errechnete Funktion aus Größe und Gewicht, multipliziert mit einem Faktor, darstellt und das Körpergewicht von Erwachsenen bekanntermaßen starken Schwankungen unterworfen ist, wodurch es bei der Ermittlung der Körperoberfläche höhere Wertigkeit gewinnt, könnte man auch grob vereinfachend sagen: "Die weißen Blutkörperchen der Dicken (sprich: schwerer wiegenden) wandern schneller als die der Dünnen (sprich: leichter wiegenden Versuchspersonen)."

Bezüglich der Geschlechtsverteilung läßt sich unter Hinweis auf die Übersichtszeichnung 18 demonstrieren, daß die Mehrzahl der zahlenmäßig geringen weiblichen Versuchspersonen auf der Seite der kleineren Oberflächen zu finden ist, was aufgrund der physischen Konstitution der Frau ohne weiteres verständlich erscheint. Aus Tabellen zum Durchschnitts- und Idealgewicht Erwachsener (Documenta Geigy) geht hervor, daß Frauen gegenüber Männern bei gleichem Alter und gleicher Körpergröße (in Schulern) um ca. 10 % geringeres Körpergewicht (in Hauskleidern) aufweisen, was sich letztlich in einer Verkleinerung der Körperoberfläche auswirken muß.

SIGNIFIKANZBERECHNUNG

Zu Beginn der Berechnungen sei nochmals darauf hingewiesen, daß jeder Leukozytenwanderungsweg (ME) sich versteht als arithmetisches Mittel aus 9 Einzelmessungen an je 3 Präparaten einer bestimmten Versuchsperson zum Zeitpunkt 0, 3 und 24 Stunden. Die mittleren quadratischen Fehler der Einzelwerte finden sich auf der Abbildungsserie 8 bis 17 als Fußzahlen, diejenigen einer ganzen Gruppe in absoluter und relativer Höhe in den kleinen Tabellen am rechten oberen Bildrande angeführt. Durch entsprechende Zusammenfassung der Fußzahlen an einer Gesamtzahl von 190 Einzelversuchen gewinnt man einen direkten Hinweis auf die methodisch (hier: Objektträger-Kammer) bedingte Fehlerbreite, die für die Leukozytenausgangswerte 7,1 %, für die 3 h-Werte 5,7 % und bezüglich der Tageswerte nur 3,7 % beträgt. Die durchschnittliche Fehlerquote infolge verschiedener großer Streuung der Einzelwerte innerhalb einer Volksgruppe muß dagegen wesentlich höher liegen, wie anhand der Zahlenangaben, die im allgemeinen für die 3- und 24-Std.-Werte zwischen 10 und 20 % schwanken, zu ersehen ist. Die Feststellung dieses, gewissermaßen die biologische Streubreite einer Population kennzeichnenden, mittleren quadratischen Fehlers ist von besonderer Bedeutung bei der Durchführung der nun folgenden Signifikanzberechnung. Der besseren Übersicht wegen sind in Tabelle I neben diesen (σ_3 bzw. σ_{24}) auch die wichtigsten anderen Gruppendurchschnittswerte nach Maßgabe abnehmender Wanderungsstrecken/24 h (vgl. vorletzte Spalte rechts) zusammengestellt.

Den einzelnen Berechnungen vorangestellt sei eine sog. Varianzanalyse, auch F-Test genannt (n. FISHER), der Auskunft darüber gibt, ob überhaupt Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen bestehen.

Tab. I: Gruppendurchschnittswerte und mittl. quadrat. Fehler

LAND	n	GRÖSSE		GEWICHT		K.-OBERFL.		ALTER		MIKROMETER-EINHEITEN			
		$\bar{x}_m$	σ_m	$\bar{x}_{kg}$	σ_{kg}	$\bar{x}_m^2$	σ_m^2	$\bar{x}_A$	σ_A	$\overline{ME}_3$	σ_3	$\overline{ME}_{24}$	σ_{24}
SPAN.	18	1,73	0,06	70,0	9,5	1,82	0,15	27,9	4,4	108,6	10,7	256,5	39,7
ITAL.	17	1,68	0,06	68,2	8,5	1,80	0,12	27,1	3,4	103,4	10,5	236,0	40,0
SCHW.	21	1,78	0,07	70,3	8,0	1,87	0,13	27,5	2,9	85,1	16,3	235,0	44,3
GRIE.	19	1,75	0,06	70,3	6,5	1,86	0,11	26,6	4,5	82,9	13,1	227,9	44,9
TÜRK.	15	1,75	0,06	69,8	6,4	1,85	0,11	22,9	3,8	99,0	11,6	220,0	33,0
DEUT.	20	1,75	0,08	70,2	6,2	1,86	0,10	27,6	5,7	92,9	16,1	217,3	42,3
JAP.	18	1,67	0,07	58,7	9,0	1,65	0,15	32,0	3,8	83,0	11,8	194,5	44,8
I.u.S.	19	1,71	0,05	68,8	5,6	1,81	0,09	26,3	2,6	77,6	11,5	170,0	26,5
IND.	17	1,73	0,06	63,3	6,0	1,75	0,09	26,6	2,7	79,3	7,5	128,6	46,2

Die Formel für die Berechnung des Prüfmaßes lautet:

$$F = \frac{\sum n_i \cdot (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2}{k - 1} \cdot \frac{n - k}{\sum (n_i - 1) \cdot \sigma_i^2}$$

Erläuterungen:

$i = 1, 2, 3, \dots, 9$ Gruppen (laufende Numerierung)

n_i = Umfang der einzelnen Gruppen

$k = 9$ = Anzahl der Gruppen

$n = \sum n_i = 164$ = Gesamtzahl der Versuchspersonen

σ_i = mittl. quadrat. Fehler in der Gruppe i (σ_3 bzw. σ_{24})

$\sum (n_i - 1) \cdot \sigma_i^2$ = Gesamtsumme der Abweichungsquadrate über alle Gruppen

$\bar{\bar{x}}_1$ = Durchschnitt in den einzelnen Gruppen (z. B. $\overline{ME}_3$, $\overline{ME}_{24}$)

$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum n_i \cdot \bar{x}_i$ = Gesamtdurchschnitt

Ausgehend von der Annahme, daß keine Unterschiede bestünden, und vorausgesetzt, daß diese Annahme richtig sei, würde das Prüfmaß F einer sog. F -Verteilung mit $k-1$ und $n-k$ Freiheitsgraden folgen. Bei Richtigkeit der Prüfhypothese ist die Wahr-

scheinlichkeit, daß das Prüfmaß den kritischen Wert $F_{k-1, n-k} (0,05)$ überschreitet, 5 %.

Weil diese Wahrscheinlichkeit klein ist, ist es vernünftig, die Prüfhypothese zu verwerfen. Dem Tabellenwerk des F-Testes ist zu entnehmen, daß der kritische Wert F für $k-1 = 8$ und $n-k = 180$ (z. B. Personen) 1,99, für $n-k = 160$ 2,00 beträgt. - Da in der vorliegenden Arbeit die Werte von 164 Versuchspersonen in die Berechnung einbezogen wurden, bestehen signifikante Unterschiede mit einem Sicherheitsfaktor dann, wenn $F > 2,00$ ist. Durch Einsetzen der entsprechenden Zahlenwerte in die oben angeführte Formel erhält man für die Tageswerte ein F (24h) von 16,49, für die Gruppendurchschnittswerte $ME/3$ h ein F (3 h) von 15,94. Damit ist signifikant gesichert, daß zwischen den durchschnittlichen Leukozytenwanderungsgeschwindigkeiten bei Angehörigen der hier untersuchten Völker Unterschiede bestehen.

Im folgenden soll die Frage geprüft werden, inwieweit sich die 9 Volksgruppen untereinander hinsichtlich ihrer mittleren Leukozytenwanderungsgeschwindigkeiten zum Zeitpunkt 3 sowie 24 Stunden signifikant unterscheiden. Als Prüfgröße t gilt hierbei:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)\sigma_1^2 + (n_2-1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}}$$

Erläuterungen:

$\bar{X}_1$ = Durchschnitt in der 1. Gruppe

$\bar{X}_2$ = Durchschnitt in der 2. Gruppe

n_1 = Umfang der 1. Gruppe

n_2 = Umfang der 2. Gruppe } (= Anzahl der Personen)

σ_1 = mittlerer quadrat. Fehler der 1. Gruppe

σ_2 = mittlerer quadrat. Fehler der 2. Gruppe

Wenn $t > t_{n_1 + n_2 - 2}$ ist, dann kann ein Unterschied als gesichert gelten.

Der - bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 - kritische Wert

$$t_{n_1 + n_2 - 2} (0,05)$$

hängt von $n_1 + n_2$ ab. Einer Tabelle der t-Verteilung kann man entnehmen, daß in den hier vorkommenden Fällen

$$t_{n_1 + n_2 - 2} (0,05)$$

zwischen 2,042 (für $n_1 + n_2 = 32$) und 2,023 (für $n_1 + n_2 = 41$) liegt. - Die mathematischen Ergebnisse dieser Untersuchungen sind für die 24-Std.-Werte in Tabelle II, für die 3-Std.-Werte in Tabelle III aufgeführt. Es wurden die durchschnittlichen Wanderungsstrecken der weißen Blutkörperchen einer jeden Gruppe mit der anderen verglichen und die über dem Limit 2,042 liegenden, d. h. als in jedem Falle signifikant zu betrachtenden Werte in fettem Druck zu Papier gebracht. Das Prüfergebnis zweier Gruppenvergleiche findet sich jeweils im Schnittpunkt einer horizontalen und einer vertikalen Spalte. Gewissermaßen als Ergänzung stellen die beiden Tabellen eine mathematische Aufschlüsselung der Abbildungen 8 - 17 dar: Obgleich zwischen der spanischen Spitzengruppe und den geschwindigkeitsmäßig nachfolgenden Italienern und Schweden keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Maximalstrecken/24 h bestehen, erkennt man gesicherte Werte bereits gegenüber der Gruppe aus Griechenland und allen weiteren 5 Gruppen. Es folgt dann ein breiteres Mittelfeld von Gruppen, im einzelnen bestehend aus Italienern, Schweden, Griechen, Türken und Deutschen, deren Endwerte sich untereinander nicht signifikant unterscheiden. Sie setzen sich teilweise gegen die Japaner (ausgenommen sind die Gruppen aus der Türkei sowie aus Deutschland) und dann in fast geschlossener Formation mathematisch gesichert gegen die irakisch-syrische Gruppe ab (Ausnahme: Grenzwert von 2,04 zwischen Japan und Irak/Syrien). Eine durchgehende Signifikanz besteht nur gegenüber den Vertretern aus Indien,

wie anhand der einheitlich fettgedruckten Zahlenkolonne rechts außen zu bemerken ist.

Wie ein Blick auf die in Tabelle III angegebenen Gruppenwerte für die Wanderungsgeschwindigkeit der Leukozyten/3h zeigt, gehen diese den von links nach rechts abfallenden Tagesstrecken (vgl. obere waagerechte Spalte in Tab. II) nur bedingt parallel, obwohl das relative Absinken der 3 h-Werte doch deutlich zum Ausdruck kommt. Hier sind es vor allem die spanische und italienische Gruppe, die sich zwar untereinander nicht, aber beide gemeinsam gegenüber allen nachfolgenden Gruppen bezüglich der 3 h-Werte signifikant unterscheiden. Insgesamt dürfte dieser Teilzeitberechnung auf Signifikanz keine allzu große Bedeutung zukommen, da der prozentuale, methodisch bedingte Fehler mit durchschnittlich 5,7 % doch recht hoch ist. - Dennoch ist eine Korrelation der von den Leukozyten der einzelnen Volksgruppen erreichten durchschnittlichen Wanderungsgeschwindigkeiten/24 h mit den 3 h-Werten anzunehmen aus der Überlegung heraus, daß weite Endstrecken nur bei relativ weiten Teilstrecken zu erzielen sind.

Statistisch untermauern läßt sich diese Annahme mit Hilfe einer sog. Abhängigkeitsuntersuchung: Dazu bildet man in einer senkrechten Kolonne die Rangordnung der ME/24 h; so z. B. erhält die spanische Gruppe den Rang 1, Italien den Rang 2, Schweden 3 usw. - Ebenso verfährt man mit den 3 h-Werten, wobei Spanien laut Tab. III wiederum den 1., Italien den 2., Schweden jedoch den 5. Rang erhält usw. - Treffen beispielsweise 3 gleiche Werte auf einem einzigen Rang zusammen, wo wird aus der Summe der fortlaufenden Rangordnungszahlen das arithmetische Mittel gebildet und dieses als neue Rangzahl eingesetzt. Durch Addition der aus den beiden Rangordnungszahlen gebildeten Differenzquadrate ($= \sum d^2$) und Einfügen dieses Wertes in die nachfolgende Formel läßt sich ein Hinweis über mögliche Abhängigkeitsverhältnisse gewinnen.

Das Prüfmaß

$$r_s \sqrt{n-1} = \left(1 - \frac{6 \sum d^2}{n \cdot (n^2-1)} \right) \sqrt{n-1}$$

ist für großes n angenähert normalverteilt; ist sein absoluter Wert 1,96, dann kann man daraus eine Abhängigkeit folgern, und zwar in positivem Sinne, falls die Prüfgröße positiv, im gegenläufigen Sinne, falls die Prüfgröße negativ ausfällt. Ist $n \leq 11$ wie in der folgenden Anwendung (9 Gruppen), so kann man aus Tabellen zum r_s -Test den kritischen Wert unmittelbar für $\sum d^2$ ablesen. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 gilt für diesen Sonderfall ein normiertes Prüfmaß von 1,98. - Im konkreten Fall der vorerwähnten Fragestellung bedeutet die positive Prüfgröße von 2,45 das Vorhandensein einer Abhängigkeit insofern, als die durchschnittlich erreichten Wanderungsgeschwindigkeiten/3 h in ihrer fallenden Tendenz den 24 h-Werten gleichgerichtet sind.

Unter Anwendung des gleichen mathematischen Prinzips soll im folgenden versucht werden, die bereits aufgrund der zeichnerischen Darstellungen (Abb. 8 - 17) erörterte Frage einer Abhängigkeit zwischen den maximalen Leukozytenwanderungsstrecken einer Versuchsperson mit den zugeordneten Werten für Körpergröße, -gewicht und -oberfläche in der jeweiligen Gruppe wie auch in der Gesamtheit aller 190 Versuchspersonen zu prüfen. Bezugsgröße ist dabei immer die Rangfolge der abnehmenden ME/24 h. In Tabelle IV sind die Ergebnisse dieser Berechnungen zusammengetragen. Alle über dem Grenzwert 1,96 liegenden, d. h. im Sinne von nachweisbarer Abhängigkeit zu wertenden Prüfergebnisse, wurden fett gedruckt. Man erkennt, daß es mit Bezug auf Größe und Gewicht eine gewisse Anzahl einfacher Abhängigkeiten gibt, und zwar besteht bei den 9 Versuchsgruppen in 5 Fällen (Schweden, Griechen, Deutsche, Türken, Japaner) positive Abhängigkeit der in 24 Stunden erreichten Leukozytenwanderungsgeschwindigkeiten allein von der Körpergröße, in 7 Fällen (Spanien, Italien, Griechenland, Deutschland, Japan,

Tab. IV: Ergebnisse der Abhängigkeitsuntersuchungen zwischen mittleren Leukozytenwanderungsgeschwindigkeiten/24 h und verschiedenen Körpermaßen

LAND	n	GRÖSSE	GEWICHT	OBERFLÄCHE
SPANIEN	18	1,85	2,72	2,47
ITALIEN	17	0,84	2,48	2,60
SCHWEDEN	21	2,52	1,30	2,07
GRIECHENL.	19	2,97	2,03	2,33
TÜRKEI	15	2,22	1,85	2,33
DEUTSCHL.	20	2,38	3,12	3,30
JAPAN	18	1,97	2,22	2,18
IRAK-SYR.	19	1,70	2,29	2,63
INDIEN	17	1,20	2,28	2,40
DEUTSCHL.	33	3,02	3,36	3,58
GESAMT	190	3,97	5,48	5,89

Irak-Syrien, Indien) allein vom Körpergewicht. Das Überwiegen des konsensuellen Verhaltens von individueller Leukozytenwanderungsgeschwindigkeit/24 h und Körpergewicht weist dieses als genauere Bezugsgröße aus. - Als Quadratwurzelfunktion aus Größe mal Gewicht, multipliziert mit dem Faktor 0,167 (n. Du BOIS), gewinnt die Körperoberfläche als Bezugsgröße jedoch die größte Bedeutung, wie aus den Zeichnungen und der mathematischen Abhängigkeitsuntersuchung hervorgeht. Dies besagt für jede der hier untersuchten 9 Gruppen von Angehörigen verschiedener Völker, daß die Leukozytenwanderungsgeschwindigkeit/24 h im allgemeinen mit steigender Körperoberfläche wächst.

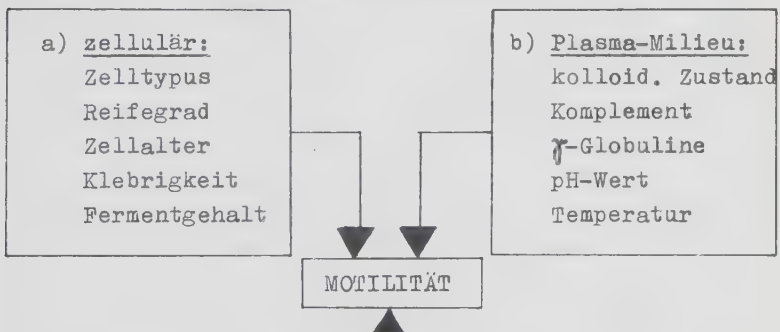
Am unteren Tabellenende gesondert angeführt sind die Ergebnisse der Abhängigkeitsuntersuchung, gewonnen an

einer um 13 weitere Versuchspersonen verstärkten Gruppe Deutscher sowie an der Gesamtheit aller Versuchsteilnehmer. Wurden die bisherigen Erkenntnisse aus der Analyse einzelner Gruppen abgeleitet, so erscheint in diesen Zahlenwerten ein mehr allgemeingültiges Prinzip, welches besagt, daß grundsätzlich Leukozyten von Erwachsenen mit großer Körperoberfläche eine größere Wanderungsaktivität besitzen als weiße Blutkörperchen von Personen mit kleinerer Oberfläche, gleichgültig, welcher der hier untersuchten Volksgruppen sie angehören mögen. - Einschränkend muß erwähnt werden, daß es sich bei den Versuchspersonen vorwiegend um männliche Individuen zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr handelt. Der mögliche Einfluß des Alters auf die Motilität der weißen Blutkörperchen kann im Rahmen des gegebenen Lebensabschnittes nicht beurteilt werden. Daß Alterseinflüsse in dieser Versuchsreihe keine Rolle spielen, zeigt das Ergebnis der Abhängigkeitsprüfung zwischen ME/24 h und dem Alter eines jeden der 190 Probanden, wobei der absolute Zahlenwert mit $|- 0,68|$ klar unter der Prüfgröße 1,96 liegt.

DISKUSSION

Die aktive Beweglichkeit der weißen Blutkörperchen stellt neben der Fähigkeit zur Phagozytose ein wesentliches funktionelles Kennzeichen dieser Blutzellen dar. Sie wird in ihrem Ausmaß bestimmt und beeinflußt durch mannigfache innere und äußere Faktoren, die in vivo weiteren übergeordneten vegetativ-humoralen Einflüssen unterliegen. Ein kleines Schema soll noch einmal die wichtigsten Komponenten aufzeigen:

I. Innere Faktoren:



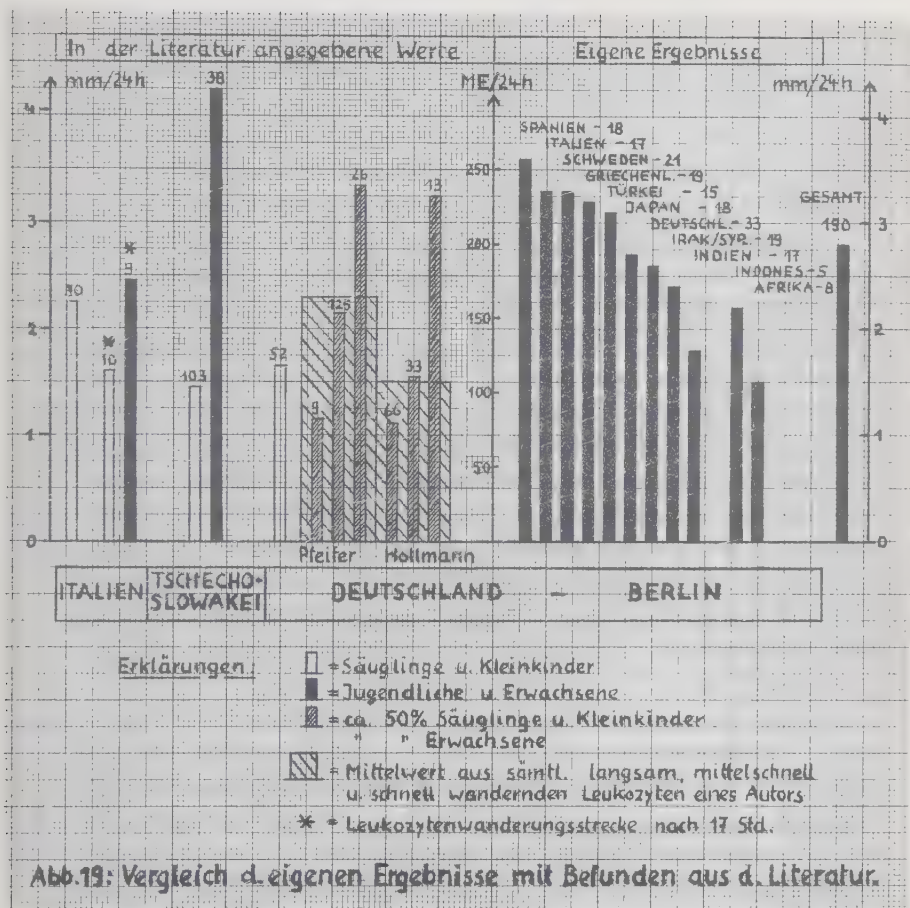
II. Äußere Faktoren:

Alter
Größe
Gewicht
Geschlecht
Rasse
Ernährung
Infektionen

Durch Beobachtung von Bewegungsabläufen bzw. Messung von Bewegungsgrößen und unter Vergleich der erhobenen Befunde mit Ergebnissen an Nativpräparaten ist es zahlreichen Autoren gelungen, die Mehrzahl der angeführten Einzelkomponenten aufgrund ihrer hemmenden oder fördernden Eigenschaften auf die Leukozytenmotilität in in-vitro-Versuchen

deutlich zu machen. Obwohl die Frage der Altersabhängigkeit bezüglich der Bewegungsintensität von Leukozyten gesunder Säuglinge und Kleinkinder unterschiedlich beurteilt wird, so bewegen sich die ermittelten Werte (vgl. Abb. 1 und 19, linker Teil) im Verhältnis zu den bei Jugendlichen und Erwachsenen gefundenen ziemlich einheitlich in einer deutlich niedrigeren Größenordnung. Wenn man die von SEITZ gemachte Beobachtung hinzuzieht, wonach mit zunehmendem Alter bei Erwachsenen eine geringe Verlangsamung der Leukozytenwanderungsgeschwindigkeit eintritt, dann erscheint der Einfluß größerer Lebensabschnitte doch als sehr wahrscheinlich. Daß die Bewegungsintensität bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern im allgemeinen kleiner ist, mag in einer gewissen funktionellen Unreife oder in einem besonderen Bewegungsmodus - für beides liegen Beobachtungen vor - begründet sein; daß sie bei verschiedenen Untersuchern in der gleichen Größenordnung gefunden wird, könnte trotz fehlender Zahlenangaben mit dem für die betreffende Lebensperiode in etwa übereinstimmenden Längen/Gewichts-Verhältnis zusammenhängen.

Als Vergleichswerte wurden von den italienischen (TOLENTINO und ROSSI) und tschechischen Autoren (POLAK und POLAKOWA) die Leukozytenwanderungstrecken von gesunden Erwachsenen bzw. 18-jährigen Jugendlichen gegenübergestellt. Die Berliner Untersuchungen, ausgeführt von PFEIFFER und HOLLMANN, wurden an einer gemischten Gruppe - es handelte sich um Patienten, Schwestern und Ärzte der Universitäts-Kinderklinik - vorgenommen, wobei aufgrund der andersgearteten Fragestellung eine besondere Aufgliederung nach Altersgruppen, Gewichtsklassen oder Geschlechtszugehörigkeit nicht erforderlich schien. Lediglich aus formalen Gründen hatten die Untersucher eine Typisierung in langsam, mittelschnell und schnell wandernde Leukozyten vorgenommen. Dabei dürfte es sich in ca. 50 % der Fälle um ältere Säuglinge und Kleinkinder gehandelt haben; etwa die Hälfte waren Erwachsene. Die errechneten und in Abb. 19 breit schraffierten Mittelwerte liegen teilweise nur gering



(Ergebnisse von PFEIFER) unter dem von mir an deutschen Versuchspersonen gefundenen. Auch hier ließe sich demnach eine Abstufung der Geschwindigkeiten über junge Säuglinge zu Kleinkindern und Erwachsenen rekonstruieren.

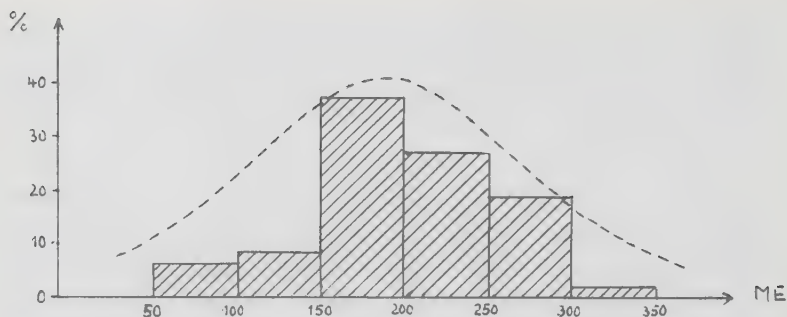
Einer individuellen Konstanz der Leukozytenwanderungsgeschwindigkeit, wie sie von den erwähnten Autoren immer wieder beobachtet und durch Eigenversuche bestätigt wurde, steht eine große physiologische Streubreite des Kollektivs gegenüber. Gleichwohl differieren nicht nur die in Abb. 19

links angeführten Mittelwerte der Fremdautoren für eine mehr oder minder inhomogene Population von Versuchspersonen eines bestimmten Landes untereinander erheblich -; Unterschiede bezüglich der durchschnittlichen Wanderungsgeschwindigkeiten lassen sich auch bei vergleichbaren Gruppen von Landsleuten und Angehörigen verschiedener Völker unter gleichen geographisch-klimatischen Voraussetzungen aufzeigen (Abb. 19, rechte Seite). Der beachtlich hohe Wert von 4,25 mm/24 h bei den tschechischen Versuchspersonen mag zum Teil auf ihrem ausgesprochen jugendlichen Alter beruhen, während für die relativ geringe Wanderungsaktivität von weißen Blutkörperchen italienischer Probanden die kleine Vergleichsgruppe von nur 9 Erwachsenen und die nur 17-stündige Beobachtungszeit verantwortlich gemacht werden könnten. Dagegen bewegen sich - bei entsprechender Zusammenfassung - zumindest die von PFEIFER in Berlin ermittelten Werte (2,3 mm/24 h - 160 Fälle) mit den von mir an deutschen Versuchspersonen erhobenen Befunden (2,6 mm/24 h - 33 F.) in einer Größenordnung.

In der vorliegenden Arbeit wurden vergleichende Untersuchungen über das Ausmaß der Leukozytenbeweglichkeit an 9 relativ homogen zusammengesetzten Gruppen von Deutschen und Ausländern durchgeführt, wobei die Wahl der Rassen- oder Volkszugehörigkeit in erster Linie von den praktischen Möglichkeiten in Berlin abhängig war. - Allein vom formalen Standpunkt aus wäre es möglich, ebenfalls eine gewisse Klassifizierung hinsichtlich der Wanderungsgeschwindigkeit/24 h in schnell, mittelschnell und langsam wandernde Leukozyten vorzunehmen. Dabei könnte man entsprechend dieser Reihenfolge an 3 Hauptgruppen denken: Bewohner der europäischen Mittelmeerländer (schnell), Bewohner von Mittel- bzw. Nordeuropa (mittel), Bewohner Asiens bzw. des Vorderen Orients (langsam). Eine weitere Gruppe für die afrikanischen Länder würde sich andeuten. - Mit einer solchen Einteilung wäre gleichzeitig die im einzelnen schwierig nachweisbare Aussage gemacht, wonach neben geographisch-klimatischen Faktoren auch rassische,

soziale und ernährungsphysiologische Einflüsse auf die effektive, durchschnittliche Leukozytenwanderungsaktivität einer Population schon im Normalen bestimmend einwirken könnten.

Selbst unter Berücksichtigung aller dieser Momente wird die individuelle Reaktionsweise des Organismus gegenüber irgendwelchen exogenen Einwirkungen, seien sie nun toxischer, infektiöser, medikamentöser, physikalischer oder sonstiger Art letztlich doch sehr viel mehr vom augenblicklichen Zustand seines Abwehrsystems abhängen, welches bekanntlich humorale (Komplement, Leukine, Opsonine, Agglutinine, Hämolytine) und zelluläre (z. B. Phagozytose, aktive Migration) Abwehrvorrichtungen beinhaltet. - Die persönlichen Besonderheiten eines Individuums in Bau und Funktion sowie auch Rassen-, Alters- und Geschlechtseigenschaften lassen sich unter dem Begriff der Konstitution zusammenfassen und unterliegen als komplexe Größe zwangsläufig einer großen Variabilität sowohl als Ganzes als auch in bezug auf Einzeleigenschaften. Nimmt man in diesem Sinne die Wanderungsaktivität von Leukozyten als Einzelfunktion untersuchend heraus, so wird man hinsichtlich des Ergebnisses die gleiche Feststellung machen wie bei anderen individuellen Größen-, Gewichts- und sonstigen Funktionsmaßen: Es zeigt sich nämlich, daß sich die Meßwerte recht symmetrisch zu beiden Seiten der häufigsten mittleren Wanderungsgeschwindigkeit anordnen. Abbildung 20 kann den Sachverhalt kurvenmäßig nur andeuten, da die Gruppe der niederen und mittleren Leukozytenwanderungsgeschwindigkeiten einfach zu klein ist. Ob sich ein Kurvenverlauf nach Art einer Binomialverteilung oder Normalverteilung ergeben würde, könnte nur durch umfangreiche Reihenuntersuchungen festgestellt werden. Immerhin kommt bei der Aufgliederung der einzelnen Volksgruppen in kleine Geschwindigkeitsabschnitte (50 ME entsprechen 0,7 mm) innerhalb der großen Streubreite ein Häufigkeitsmaximum vor, an das sich zu beiden Seiten sinkende Werte anreihen (vgl. Tabelle zu Abb. 20).



LAND							n
SPANIEN			2	5	10	1	18
ITALIEN			3	8	5	1	17
SCHWEDEN		1	4	8	8		21
GRIECHENL.			6	7	5	1	19
TÜRKEI			4	9	2		15
DEUTSCHL.		5	16	9	2	1	33
JAPAN			14	1	3		18
IRAK-SYR.		4	12	2	1		19
INDIEN	7	4	4	2			17
INDONES.			5				5
AFRIKA	5	2	1				8
SUMME	12	16	71	51	36	4	190
%	6,3	8,4	37,4	26,8	19,0	2,1	100

Abb. 20: Verteilung der individuellen Wanderungsgeschwindigkeiten.

Frägt man also konkret nach dem Vorhandensein von Unterschiedlichkeiten hinsichtlich der mittleren Wanderungsgeschwindigkeit bei vergleichbaren Gruppen von Angehörigen verschiedener Länder, so muß man diese Frage unter Zugrundelegen der Signifikanzberechnung bejahen, wenn

auch die Signifikanz häufig erst bei weiter auseinanderliegenden Volksgruppen in Erscheinung tritt. Dabei weist jede Gruppe für sich eine große physiologische Streubreite auf, wodurch es zu Überschneidungen mit den benachbarten Vergleichspartnern kommt. Das Häufigkeitsmaximum (= 37,4 %) der durchschnittlichen Wanderungsgeschwindigkeit aller 190 Versuchspersonen bewegt sich in einer Größenordnung von 200 ME, was umgerechnet einer Wanderungsstrecke von 2,8 mm/24 h entspricht (Abb. 19, 20).

Wenn man die Konstitution in besonderer Weise zur Erklärung der differenten Leukozytendurchschnittsgeschwindigkeiten bei Personengruppen aus verschiedenen Ländern heranzieht, muß man versuchen, sich zunächst an das relativ Stabile, Meßbare zu halten. Zu diesem Zwecke wurden neben Alter und Geschlecht einer Person, der BKS, Leukozytenzahl/mm³ die vornehmlich eine Habitusform kennzeichnenden Größen- und Gewichtsdaten festgehalten. Während sich korrelationsstatistische Untersuchungen bezüglich der physiologischen BKS- und Leukozytenwerte erübrigten und im Falle des Alters der Versuchspersonen negativ ausfielen, zeitigte diese Maßnahme beim Verhältnis von Wanderungsgeschwindigkeit/24 h und Größen- bzw. Gewichtsmaßen der betreffenden Person bereits brauchbare Ansatzpunkte für mögliche Abhängigkeiten. Bei diesem Vergleich erwies sich das Körpergewicht infolge seiner größeren Variabilität bei Erwachsenen als genauere Bezugsgröße in dem Sinne, daß die durchschnittliche Wanderungsgeschwindigkeit von höhergewichtigen Personen im allgemeinen größer ist als die von Personen mit geringerem Körpergewicht.

Den größten Einfluß auf die individuelle Leukozytenaktivität bei gesunden Erwachsenen scheint die Körperoberfläche auszuüben, wie im einzelnen aus den Gruppenanalysen sowie im ganzen aus der Analyse sämtlicher Versuchspersonen hervorgeht. Diese Feststellung mag durch die Tatsache erhärtet werden, daß zahlreiche physiologische Größen, so z. B. Kalorien-, Eiweiß- und Flüssigkeitsbedarf, Wärmehaushalt,

die wirksame Medikamentendosis u. a., erfahrungsgemäß keine einfache Relation zu Körpergewicht oder Körpergröße, wohl aber eine weitgehende Parallele zur Körperoberfläche zeigen. - Unter diesem Blickwinkel betrachtet, dürften rassische, klimatisch-geographische, ernährungsphysiologische und andere die persönliche Konstitution modifizierende Einwirkungen auf die Bewegungsintensität der Leukozyten gesunder Menschen einen weniger bestimmenden Charakter haben als die augenblickliche, individuelle körperliche Gesamtverfassung. Letztere wird insbesondere durch biologische Größen wie Alter, Geschlecht, Körperlänge und -gewicht sowie Körperoberfläche, im funktionellen Bereich durch die vegetativ-humorale Ausgangslage geprägt.

ZUSAMMENFASSUNG

Diskrepanzen bei Angaben über die Geschwindigkeit von Bewegungen menschlicher Leukozyten, die von verschiedenen Untersuchern in verschiedenen Ländern ermittelt wurden, gaben den Anlaß, möglichst homogene Gruppen von Angehörigen mehrerer Völker am gleichen geographischen Ort vergleichend zu untersuchen. Die mikroskopische Messung der Leukozytenbewegungen in konstanten Zeitabschnitten von 0, 3 und 24 Stunden erfolgte mit Hilfe von Objektträger-Kammern, bei deren Fertigungstechnik eine ausreichende Standardisierung gelang.

In 190 Einzelversuchen wurde die durchschnittliche Wanderungsgeschwindigkeit/24 h von 9 alters- und zahlenmäßig vergleichbaren Hauptgruppen (Spanier, Italiener, Schweden, Griechen, Türken, Deutsche, Japaner, Iraker-Syrer und Inder) sowie 2 Splittergruppen aus Indonesien und Afrika festgestellt. Es ergab sich in jeder Einzelgruppe eine große physiologische Streubreite des individuellen Ausmaßes der Leukozytenbewegungen. Bei Gruppenvergleichen kamen Differenzen in unterschiedlicher Ausprägung zum Ausdruck, wobei insbesondere die hohe Bewegungsintensität bei den spanischen Versuchspersonen im Vergleich zu den langsam wandernden weißen Blutkörperchen bei Irakern-Syrern, ferner Indern und Afrikanern auffällig war. - Die nach 3-stündiger Beobachtungszeit gewonnenen Durchschnittswerte liefen den Tageswerten in etwa parallel.

Im Rahmen einer korrelationsstatistischen Untersuchung wurde die bereits zeichnerisch zur Darstellung gebrachte Möglichkeit einer Abhängigkeitsbeziehung zwischen individueller Wanderungsaktivität der Leukozyten und anderen Körpermaßen erörtert. Dabei konnten sowohl bei der Aufschlüsselung der Einzelgruppen als auch bei der Analyse sämtlicher Versuchsteilnehmer Abhängigkeiten - und zwar in fortlaufend steigendem Maße - von Größen wie Körper-

länge, Körpergewicht und Körperoberfläche aufgezeigt werden. Die Leukozyten von Personen mit besonders großer Körperoberfläche legten größere Strecken in der Zeiteinheit zurück als solche von Personen verhältnismäßig kleiner Körperoberfläche. Ferner wurde auf einen möglichen Einfluß des Lebensalters der Versuchspersonen eingegangen. Unterschiede dürften zwischen jungen Säuglingen, Kindern, jugendlichen Erwachsenen und Greisen bestehen. Bei den von mir untersuchten 190 Erwachsenen im Alter von 19 bis 40 Jahren (Durchschnittsalter 27,4 Jahre) ließ sich kein altersbedingter Einfluß nachweisen. Die Frage einer Auswirkung der Geschlechtszugehörigkeit konnte nicht gesondert statistisch aufgeschlüsselt werden, da nur verhältnismäßig wenige Frauen für meine Untersuchungen zur Verfügung standen. Ihre Bedeutung ist meines Erachtens nicht grundsätzlicher Natur, sondern wirkt sich ebenfalls über die Relation zur Körperoberfläche aus. Diese ist, wie aus Tabellen hervorgeht, im Vergleich zu gleich alten und gleich großen Männern wegen des durchschnittlich kleineren Körpergewichts geringer. Aus diesem Grunde finden sich die Leukozytenwanderungswege der weiblichen Versuchspersonen in den Abbildungen überwiegend unter den mittleren und niederen Wanderungsgeschwindigkeiten eingereiht.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ALLGÖWER, M. und O. SÜLLMANN: Die Wirkung von Blutserumfraktionen auf die Wanderung menschlicher Leukozyten in vitro, *Experientia* (Basel) 6, 107, 1950.
2. BALLOWITZ, L. und H. SCHÄFER: Über Leukozytenwanderungen bei Säuglingen. *Zschr. f. Kinderhk.* 76, 551, 1955.
3. BALLOWITZ, L. und H. SCHÄFER: Über die Wirkung lebender und toter Mikroorganismen auf die Leukozytenwanderung in vitro. *Zschr. f. Kinderhk.* 76, 564, 1955.
4. BAUDISCH, W.: Die Klebrigkeit der Granulozyten des Meerschweinohens in Abhängigkeit von zellphysiologischen und gerinnungsphysiologischen Faktoren. *Wissenschaftl. Zschr. d. Universität Rostock*, 9. Jahrgang, 60, 1959.
5. BOND, C.J.: *The Leucocyte in Health and Disease*, London, H.K. Lewis, 1924.
zit. nach L. Heilmeyer und H. Bergmann, *Handbuch der Inn. Med.*, Bd. 2, Berlin, Springer, 1951.
6. BUTTER, U. und G. THOMAS: Die Wanderungsgeschwindigkeit menschlicher Granulozyten in Abhängigkeit von ihrem Reifungsstadium. *Z. Alternsforsch.* 13, 288 - 94, 1959.
7. DOCUMENTA GEIGY: *Wiss. Tab.* 6. Auflage, Basel, 588, 1960.
8. DUCHON, L.: Une preuve du rôle cellulaire dans l'étude du conflit cellules-microorganismes. *Indice d'activité cellulaire*.
Ann. Inst. Pasteur (Paris) 82, 221 - 54, 1952.
9. FLIEDNER, T.M. und E.P. CRONKITE: Reifung, Lebenserwartung und Schicksal neutrophiler Granulozyten. *Die Med. Welt* 10/64, 466.
10. FISHER, R.A.: *Statistical Methods for Research Workers*, 13th ed., London, 372 - 4, 1963.
11. FÜHRUS, CH. und W. SEITZ: Zum neurohumoralen Mechanismus der Leukozytenbewegung. *Dtsch. Med. Wschr.*, 900, 1954.
12. HOLLMANN, G.: Das D-Antigen an menschlichen Leukozyten. *Z. Immunitätsforsch.* 123, 13 - 35, 1962.

13. KETCHEL, M.M., C.B. FAVOUR: The influence of plasma factor on in vitro leucocyte migration. *Science*, 118, 79, 1953.
14. MARTIN, S.P., C.H. PIERCE, G. MIDDLEBROOK, and R.J.DUBOS: The effect of tubercle bacilli on the polymorphonuclear leucocytes of normal animals. *J. of Exper. Med.*, 91, 381, 1950.
15. MARTUCCI, E., F. IAFUSCO, N. RIGILLO: Considerazioni sul comportamento della fagocitosi e della leucotassi nell lattante distrofico. *Minerva Nipilogica*, Vol.X, 1960.
16. MATOTH, Y.: Phagocytic and Ameboid Activities of the Leucocytes in the Newborn Infant. *Pediatrics*, 9, 748, 1952.
17. METSCHNIKOFF: *Pathologie Comparée de l'Inflammation*, Masson, Paris, 1892. Zit. n. H.HARRIS: Chemotaxis of granulocytes. *J. Pathol. Bact.* 66, 735, 1953.
18. MUDD, St., Mo.CUTCHEON, and B. LUCKE, Phagocytosis. *Physiol. rev.* 14, 210, 1934.
19. PFEIFER, U.: Über Wirkungen von Dyspepsiecoli und ihren Endotoxinen auf Leukozytenbewegungen. *Zbl. Bact. (Orig.)* 177, 309 - 31, 1960.
20. v. PHILIPSBORN, E.: Untersuchungen über die amöboiden Bewegungen der Leukozyten gesunder und kranker Menschen im Quarzdeckglaspräparat. *Dtsch.Arch.klin.Med.* 160, 323, 1928.
21. v. PHILIPSBORN, E.: Untersuchungen über die Klebrigkeit der lebenden Leukozyten gesunder und kranker Menschen. *Fol. haematolog. (Leipzig)*, 41, 31, 1930.
22. POLAK, H. und K. POLAKOWA: The influence of transfusion on the amoeboid activity of leucocytes. *Acta haemat. (Basel)*, 16, 385, 1956.
23. REMY, D. Humorale Funktionen weißer Blutzellen. *Klin. Wschr.* 38, 900 - 2, 1960.
24. TOLENTINO, P. e M. ROSSI: Ricerche sull'attività migratoria dei leucociti umani e sua variazione in alcune malattie infettive. *Giornale di Malattie Infettive e Parassitarie*, Vol. X - N. 8., 600 - 2, 1958.
25. WETZEL, W., M.D. JÖHNK und P. NAEVE: *Statistische Tabellen*, Berlin, 103-41, 1967.
26. WULFF, F.: On leucocyte migration in vitro. *Acta path. microbiol., Scand.* 43, 118, 1958.

An dieser Stelle möchte ich Frau Professor Dr. med.
L. B a l l o w i t z für die Überlassung des Themas
sowie die freundliche Unterstützung bei der methodischen
Anleitung meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Ebenso bedanke ich mich für die beratende Unterstützung
bei der Ausarbeitung des mathematischen Teiles durch
Herrn Dr. sc. pol. M. D. J ö h n k , Berlin, recht
herzlich.

LEBENS LAUF

Am 15. November 1939 wurde ich als Sohn des Kaufmannes Josef Frank und seiner Ehefrau Johanna, geb. Gaffga, in Marburg/Lahn geboren. Die Volksschule besuchte ich in Hauptstuhl/Pfalz. Im Jahre 1950 wechselte ich auf das damalige Progymnasium Landstuhl über. Die dreijährige Oberstufe absolvierte ich am Staatlichen Neusprachlichen Gymnasium in Kaiserslautern, das ich 1959 mit Erhalt des Reifezeugnisses verließ.

Im gleichen Jahre begann ich das Studium der Medizin an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken, wo ich nach dem Sommersemester 1960 das Vorphysikum ablegte. Die ärztliche Vorprüfung erfolgte im Frühjahr 1962 vor der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar. Das klinische Studium begann ich im sechsten Semester in Homburg. Ab Wintersemester 1962/63 studierte ich an der Freien Universität zu Berlin, wo ich am 7. September 1965 die ärztliche Prüfung bestand.

Von meiner fast zweijährigen Ausbildungszeit als Medizinalassistent absolvierte ich fünf Monate an der Universitäts-Kinderklinik (Kaiserin Auguste Victoria Haus) Berlin, acht Monate auf der Chirurgischen Abteilung des St. Johannis-Krankenhauses in Landstuhl/Pfalz, sechs Monate auf der Inneren Abteilung des St. Elisabethen-Krankenhauses in Rodalben/Pfalz. Zur Zeit bin ich als Medizinalassistent auf der Gynäkologisch-Geburtshilflichen Abteilung in Landstuhl tätig.

Landstuhl, im Dezember 1967

ROTAPRINT-OFFSETDRUCKEREI



6602 Dudweiler · Scheidter Straße 26
Telefon Sulzbach 7 52 84

Drucksachen aller Art · Fotokopien
Spezialgebiet: Druck v. Dissertationen

